

PROF. DR. RENATE DE GROOT

# Leren, een levenslang bouwproces

Open Universiteit  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



Prof. dr. Renate de Groot

# Leren, een levenslang bouwproces

**Open Universiteit**  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



Copyright © R.H.M. de Groot, 2017

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere manier, zonder vooraf schriftelijke toestemming.

Ontwerp omslag en binnenwerk:  
Afdeling Visuele Communicatie, Open Universiteit

ISBN/EAN 9789492231529

# Inhoud

- 1 Leren, een levenslang bouwproces 7
- 2 Waarom is de bouw van een huis een interactie tussen architect en aannemer? 11  
*Waarom komt leren tot stand als interactie tussen aanleg en omgevingsfactoren?*
  - 2.1 Inleiding 11
  - 2.2 Theoretisch kader 11
  - 2.3 Samenvattend 15
- 3 Het fundament 17  
*Het prenatale belang van voorwaarden voor leren*
  - 3.1 Inleiding 17
  - 3.2 Biologische voorwaarden voor leren 17
  - 3.3 Psychologische voorwaarden voor leren 20
  - 3.4 Samenvattend 21
  - 3.5 Take-home message 21
- 4 De bouw 23  
*Voorwaarden voor leren tijdens de kindertijd en adolescentie*
  - 4.1 Inleiding 23
  - 4.2 Biologische voorwaarden voor leren 25
  - 4.3 Psychologische voorwaarden voor leren 27
  - 4.4 Samenvattend 29
  - 4.5 Take-home message 29
- 5 Het onderhoud 31  
*Het stimuleren van levenslang leren*
  - 5.1 Inleiding 31
  - 5.2 Biologische voorwaarden voor leren 32
  - 5.3 Psychologische voorwaarden voor leren 34
  - 5.4 Samenvattend 35
  - 5.5 Take-home message 35
- 6 Het droomhuis 37  
*Bouwen aan de toekomst*
- 7 Dankwoord 41
- 8 Referenties 43





# Leren, een levenslang bouwproces

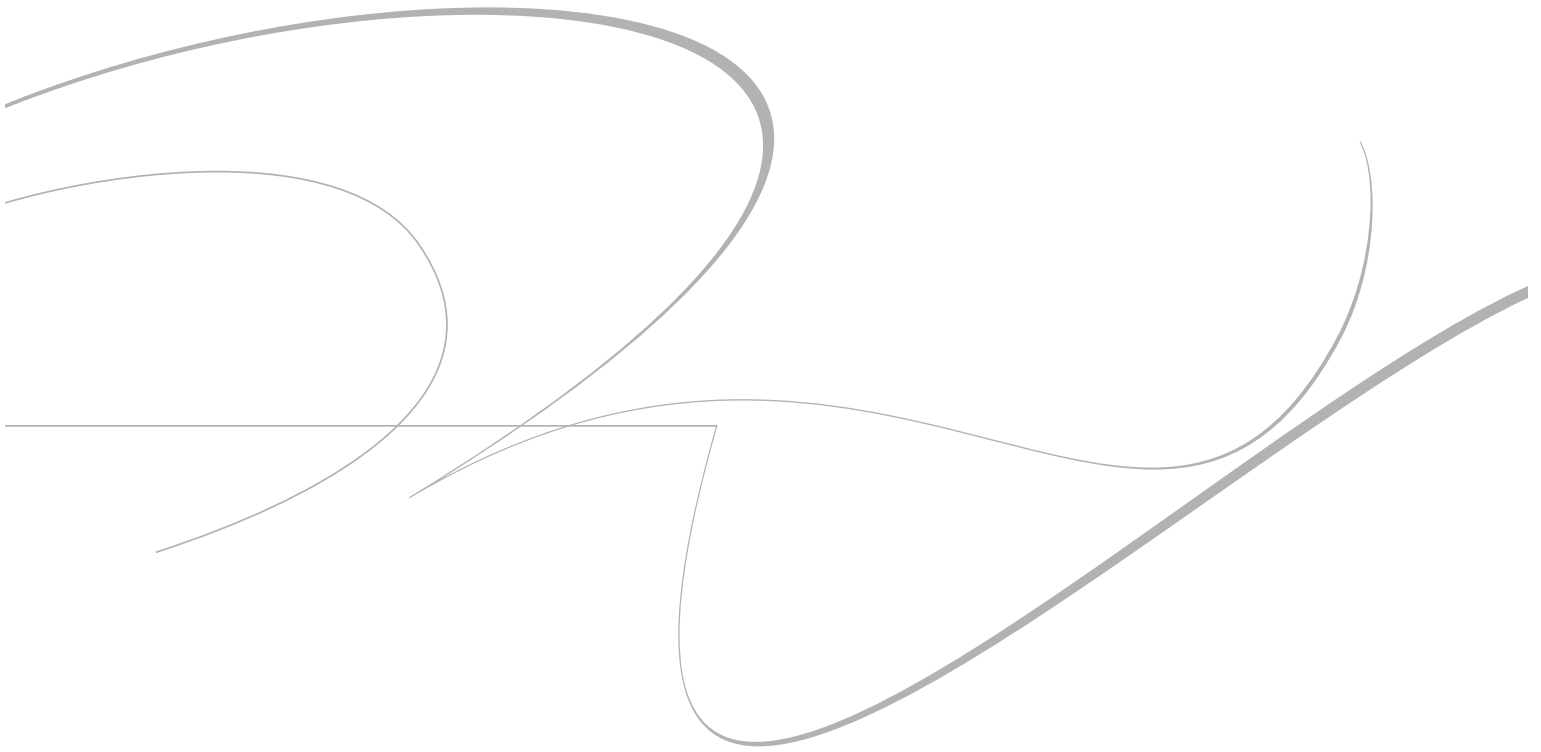
## Rede

in verkorte vorm uitgesproken bij de openbare aanvaarding  
van het ambt van hoogleraar Biopsychologie van Leren  
aan de Open Universiteit op vrijdag 12 mei 2017.

door

prof. dr. R.H.M. de Groot





# 1 Leren, een levenslang bouwproces

Mevrouw de Rector Magnificus, geachte toehoorders,

Ik ben buitengewoon vereerd en trots dat ik vandaag mijn inaugurele rede als hoogleraar Biopsychologie van Leren voor u mag uitspreken. Ik vind het heel speciaal dat u allen voor deze oratie naar Heerlen bent afgereisd. Het woord oratie/inaugurele rede leidde in mijn omgeving tot nogal wat verwarring en wellicht ook onbegrip. Er kwamen vragen als; in welke richting ben je nu weer afgestudeerd, waar ging je scriptie over, of, is dit hetzelfde als een promotie? Bij deze het eerste leermomentje voor diegenen die dit niet wisten. Een oratie is een openbare les die uitgesproken wordt door een hoogleraar bij de ambtsaanvaarding. Ik hoop dan ook dat dit voor u allen een prettige leerervaring zal mogen worden.

Graag wil ik twee situaties voor u schetsen.

## Situatie 1

Een kind wordt geboren uit een biologische vader en moeder. Van beiden krijgt het in een gezonde situatie de helft van de genen mee. Het kind ontwikkelt zich, leert kruipen en lopen. Ouders stimuleren het kind om zaken aan te pakken, te ontwikkelen en te leren. Vanaf een jaar of vier gaat het kind naar school. Daar wordt het door de leerkracht opnieuw gestimuleerd. Het leert lezen en schrijven, doet wat eerste ervaringen op met rekenen. Het maakt vriendjes en vriendinnetjes waardoor de sociale ontwikkeling gestimuleerd wordt. Maar ook met behulp van bewegingsonderwijs wordt de lichamelijke ontwikkeling gestimuleerd. Het kind wordt ouder en wordt een tiener. Langzamerhand bestaat de leeromgeving niet alleen meer uit ouders, andere familieleden en leerkrachten, maar de rol van vriendjes en vriendinnetjes wordt steeds belangrijker. De tiener ontplooit de sociale vaardigheden verder en begint zich te ontwikkelen tot een volwassene, die hopelijk stevig in zijn/haar schoenen staat en zich zelfstandig een weg door het leven kan banen. Om te blijven functioneren in onze vergrijzende maatschappij is het toch nodig voor die volwassene om te blijven leren. Dit kan op allerlei wijzen, zowel formeel (door het volgen van opleidingen en cursussen in een georganiseerde, gestructureerde context), non-formeel (ook wel expliciet informeel leren genoemd, wordt niet door een opleidingsinstituut of school geleverd en leidt niet tot officiële certificering), als informeel (een vorm van leren door alledaagse activiteiten die gerelateerd zijn aan werk, familie of vrijetijdsbesteding).

## Situatie 2

Aan de bouw van een huis werken allerlei mensen mee. Voordat je een huis kunt laten bouwen, koop je eerst een stuk grond. Een architect tekent het ontwerp en er wordt een bestek gemaakt welke materialen er nodig zijn om het huis te kunnen bouwen. De daadwerkelijk bouw begint met het plaatsen van de fundamenteën. De aannemer is verantwoordelijk voor de bouw van het huis. Hij of zij regelt de bouwvakkers;





metselaars die de muren bouwen, timmerlieden die zorg dragen voor de plaatsing van het dak en stukadoors en schilders die de afwerking van het geheel voor hun rekening nemen. Dan staat het huis er, maar niet voor levenslang. Op termijn kan er keuze gemaakt worden voor een verbouwing of een aanbouw. En hoe ouder het huis wordt, des te meer onderhoud het vereist.

Het leerproces vertoont zeer veel overlap met het bouwen van een huis. In het hiernavolgende zal ik u proberen duidelijk te maken dat wij veel meer zijn dan alleen ons brein. Ons leerproces en de daarmee gepaard gaande ontwikkeling wordt bepaald door een interactie tussen genen (nature) en omgevingsfactoren (nurture). Hierbij is de genetica het ontwerp, gemaakt door de architect en de omgevingsfactoren zijn alle inspanningen die door de aannemer en zijn/haar team verricht worden om uiteindelijk tot dat droomhuis te komen dat staat als een huis.

Ten slotte zal ik voor u schetsen hoe naar mijn mening in de toekomst die optimale individuele ontwikkeling van de lerende tot stand kan komen en hoe technologie in het leerproces een rol kan spelen bij het ontwerp van het ideale droomhuis/droommens.





A

2

8

F

E

C

10,000

1130

1100

690

970

100

900

150 200 800

800

900

70

1680

850

1380

830

130

140

3080

4020

8

5

15

1445

250

## 2 Waarom is de bouw van een huis een interactie tussen architect en aannemer?

*Waarom komt leren tot stand als interactie tussen aanleg en omgevingsfactoren?*

### 2.1 Inleiding

Leren is geen geïsoleerde cognitieve ervaring in de hersenen van de lerende. Ook al wordt dat vaak gedacht. Naast het persoonlijk leervermogen (datgene wat je met de geboorte al meekrijgt; denk aan de genetica en de biopsychologie) hangt de mate waarin geleerd wordt ook sterk af van de context waarin en de condities waaronder een persoon probeert te leren. Hierbij wordt context gedefinieerd als de (leer) omgeving waarin het leren plaatsvindt (bijv. school, museum, werkplek, dagelijks leven) en de condities als variabelen die rechtstreeks de biopsychologie van de lerende negatief (bijv. stress, vermoeidheid, ziekte, aandachtsstoornis) of positief (bijv. zelfverzekerdheid, motivatie, leerstrategieën, beweging, gezonde voeding, voldoende slaap) beïnvloeden. Genetica, context en condities noem ik de voorwaarden voor leren en gezamenlijk zouden ze moeten kunnen leiden tot het optimale leerproces. Dat leren een levenslang bouwproces is, wordt in de volgende paragraaf vanuit een theoretisch kader uitgelegd.

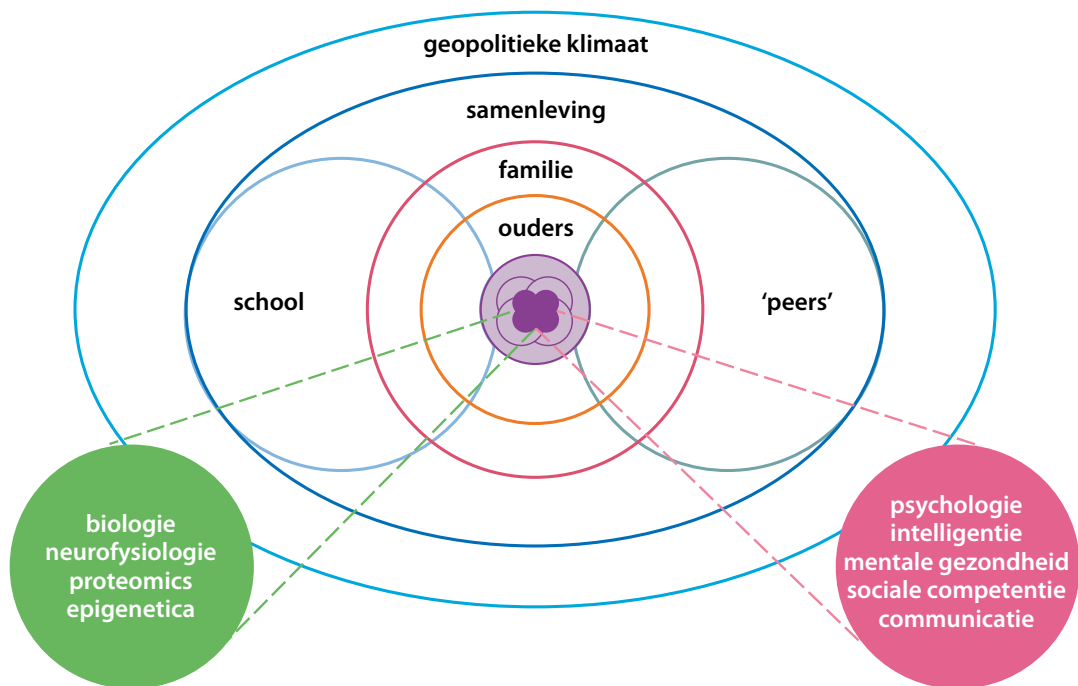
### 2.2 Theoretisch kader

In 2010 komt Sameroff met een ontwikkelingstheorie die meerdere theorieën in één theorie verenigt, de zogenoemde 'Unified theory of development', oftewel de 'geïntegreerde ontwikkelingstheorie'.

Sameroff stelt dat een persoon een eigen biologie en een eigen psychologie heeft (Figuur 1). Bij de eigen psychologie kan gedacht worden aan intelligentie, mentale gezondheid, sociale competentie, kortom de eigen identiteit. De eigen biologie staat voor een bepaalde set aan genetisch materiaal, die er bijvoorbeeld voor zorgt dat er bepaalde eiwitten geproduceerd worden en in de basis bijvoorbeeld bepaalde stofwisselingsprocessen functioneren. Echter zowel de biologie als de psychologie overlappen elkaar, worden door elkaar aangestuurd en beïnvloed, en beïnvloeden ook zichzelf. Doordat een bepaalde set van genen afgelezen wordt, worden er bijvoorbeeld minder neurotransmitters door het lichaam aangemaakt (beide biologie), wat een persoon die toch al moeilijk met problemen en stress omgaat (wat men een laag copinggedrag noemt, psychologie) gevoelig maakt voor depressieve gevoelens (psychologie). Alle psychologische domeinen worden aangestuurd door en interacteren met eveneens in onderling interacterende, biologische processen. Gezamenlijk vormen ze de biopsychologische persoon, de individuele lerende mens. Deze biopsychologische persoon kan vergeleken worden met de bouwtekening die door de architect gemaakt is, maar die echter door overleg met de aannemer regelmatig aangepast wordt.



De lerende mens is echter geen statisch model, hij/zij is dynamisch. Op het moment dat de bouwtekening gemaakt is, staat het huis er nog lang niet. De lerende mens verandert met de tijd en maakt dus ontwikkeling door. Deze ontwikkeling wordt deels opnieuw ingegeven door de eigen biologie en psychologie. Denk hierbij aan de ontwikkelingsstadia die iemand sowieso doormaakt (prenataal, kindertijd, adolescentie, volwassenheid, ouderdom, en vergelijk: fundering, grondplaat, bouw begane grond, bouw eerste verdieping, bouw zolder en het onderhoud). Echter de ontwikkeling wordt ook sterk beïnvloed door de context waarin en de condities waaronder de lerende zich bevindt. Met andere woorden, het bouwproces wordt beïnvloed door de materialen en de bouwvakkers die de aannemer tot zijn/haar beschikking heeft.



**Figuur 1** De biopsychologische persoon in zijn/haar omgeving bestaande uit context en condities (gebaseerd op Sameroff, 2010).

Tijdens het bouwproces wordt het groeiende, ontwikkelende en lerende kind in toenemende mate omringd door wisselende sociale settings en instituten die allemaal een direct of indirect effect hebben conform de sociale ecologie van Bronfenbrenner (1977). Er waren vele voorgangers van Bronfenbrenner (1977) die aangaven dat familie, school, buurt en cultuur invloed hadden op de ontwikkeling van een individu, maar hij heeft deze ideeën gevat in een allesomvattend framework. Hoewel zijn terminologie van microsystemen, mesosystemen en macrosystemen niet universeel geaccepteerd is, worden zijn principes dat het gezin, de school en de samenleving allemaal verstrengeld zijn in de ontwikkeling van een lerende nu universeel erkend. Onderzoek van Thompson et al. (2001) geeft vanuit de neurowetenschappen wetenschappelijke onderbouwing voor de rol van context en condities voor de

ontwikkeling van een individu. Zij vergelijken de overlap in het brein van twee- en eeneiige tweelingen. Ze laten zien dat er in het brein van eeneiige tweelingen meer overlap is in uitgroei van het brein dan in het brein van twee-eiige tweelingen. Eeneiige tweelingen beschikken over exact hetzelfde genetisch materiaal (biologie) en krijgen vaak dezelfde opvoeding, gaan naar dezelfde school en verkeren grotendeels in een vergelijkbare context onder vergelijkbare condities. Toch ontstaan na verloop van tijd, door relatief kleine verschillen in die context en condities (overigens ook in de baarmoeder al, zoals in het volgende hoofdstuk nader uitgelegd wordt), kenmerkende verschillen tussen de twee, die maken dat ieder een eigen persoon wordt met een eigen vermogen tot leren. De context en condities (kortom de omgeving) beïnvloeden dus de ontwikkeling van het brein.

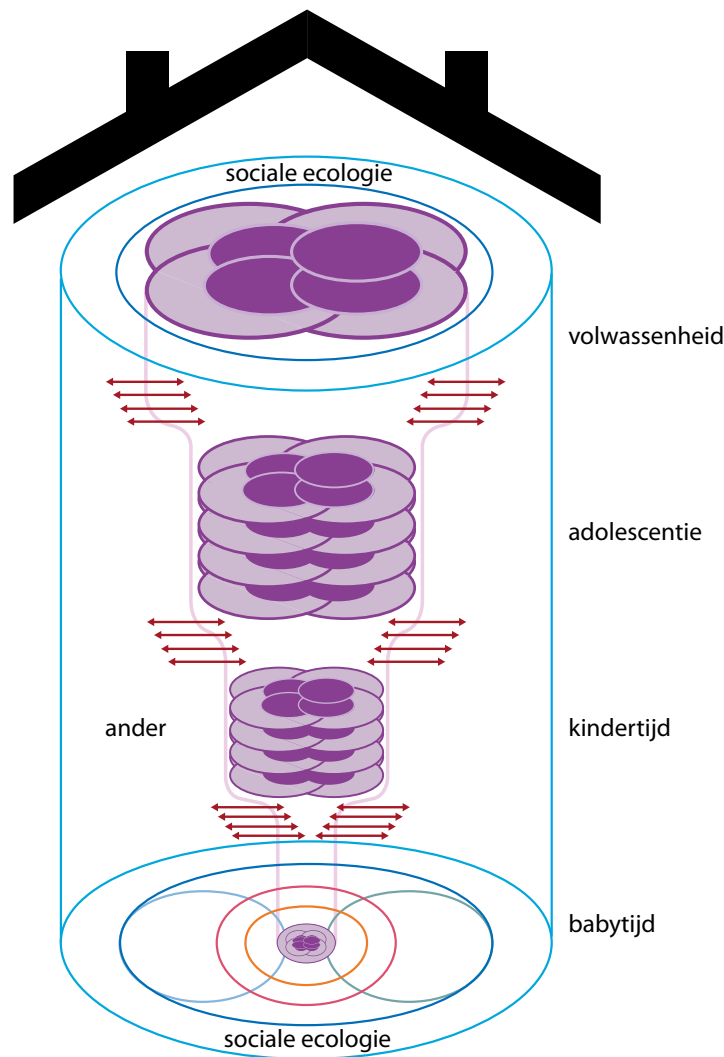
Voor de wijze waarop context en condities het leerproces kunnen beïnvloeden moet we terug naar het basisprincipe hoe leren tot stand komt. Leren komt tot stand doordat zenuwcellen met elkaar communiceren. Via allerlei ontvangers, de zogenaamde dendriten komt informatie de zenuwcel binnen. Op het moment dat dit geïntegreerde signaal groot genoeg is zal de zenuwcel de informatie doorgeven via zijn zender (axon) naar de volgende zenuwcel. Echter wanneer het signaal niet duidelijk genoeg is, zal het hier een stille dood sterven en zal de informatie niet verder doorgegeven worden. Op deze wijze ontstaat een sterk netwerk waarin informatie wordt opgeslagen en vindt dus leren plaats. Vertakkingen die echter niet gestimuleerd worden zullen afsterven. Bij de geboorte zijn er ongeveer 2500 vertakkingen per hersencel aanwezig. Dit aantal stijgt naar 15.000 per cel. In de volwassenheid is daarvan de helft echter weer verdwenen, doordat deze verbindingen niet gestimuleerd worden door wat er zich in de omgeving van de persoon afspeelt. Dit bevestigt opnieuw het belang van de omgevingsfactoren (context en condities) in de ontwikkeling van het brein om tot optimaal leren te komen.

De ontwikkeling van het brein gaat deels vanzelf (aanleg, bouwplan), maar de kwaliteit en de richting van de ontwikkeling wordt in grote mate beïnvloed door de omgeving (aannemer en zijn/haar team).

Samengevat omvatten de context en condities een set aan omgevingsinvloeden die algemene effecten hebben op de ontwikkeling van een kind. Dit kan echter zowel bevorderend als belemmerend werken. Onderzoek (Gutman, Sameroff, & Cole, 2003) heeft aangetoond dat vier jaar oude kinderen met een laag IQ die opgroeiden onder contextueel rijke condities (bijv. hoog opleidingsniveau ouders, beide ouders aanwezig, geen grote negatieve life events) hogere schoolprestaties hadden op de middelbare school dan kinderen met een hoog IQ die in een contextuele risico-omgeving (bijv. werkeloosheid ouders, stressvolle gebeurtenissen, laag opleidingsniveau ouders etc.) opgroeiden.

Sameroff (2010) gaat nog een stap verder met zijn 'geïntegreerde ontwikkelingstheorie'.





**Figuur 2** De geïntegreerde ontwikkelingstheorie inclusief persoonlijke ontwikkeling door context en condities en hun variabele invloed (gebaseerd op Sameroff, 2010).

Hij voegt een dynamisch systeem perspectief toe aan de relatie tussen persoon en context (zie Figuur 2). Hierbij veronderstelt hij dat op jonge leeftijd de invloed van anderen (context en condities) op de zelfregulatie van een individu enorm groot is. Wat begint als de regulatie van temperatuur, honger en arousal (alertheid) verandert al spoedig in de regulatie van aandacht, gedrag en sociale interacties. De balans tussen regulatie door een ander en zelfregulatie verschuift als het kind in staat is om meer verantwoordelijkheid op zich te nemen voor zijn of haar eigen welbevinden. Het kind dat bij de geboorte niet kon overleven zonder de zorg van de omgeving, bereikt uiteindelijk de volwassenheid en kan onderdeel worden van de 'ander-regulatie' van een nieuw kind, waarmee de volgende generatie gestart wordt. Het zijn de ouders die de kinderen warm houden, die ze voeden, en die ze knuffelen wanneer ze huilen; het zijn de leerkrachten die kinderen socialiseren in groepsgegedrag alsook hun cognitie reguleren in sociaal geconstrueerde kennisdomeinen; en het zijn de 'peers' (oftewel gelijken) die kinderen voorzien van kennis over de reikwijdte en de grenzen van hun sociaal gedrag. De capaciteit voor zelfregulatie stijgt door de acties van anderen.

Regulatie door anderen voorziet in de in complexiteit van toenemende sociale, emotionele en cognitieve ervaringen naar aanleiding waarvan het kind moet leren om zelf te reguleren. De regulatie door anderen voorziet ook in het vangnet wanneer deze zelfregulatie faalt (bijv. een ouder die bijles regelt). De cognitie van kinderen is in grote mate niet alleen afkomstig van directe ervaringen met de omgeving maar gebaseerd op interpretaties van de omgeving geleverd door anderen (Gelman, 2009). Bovendien zijn deze regulaties niet alleen ingebed in de relatie tussen kind en context maar ook in de additionele onderlinge relaties tussen gezin, cultuur, economische situatie en de volledige maatschappij. Ook maken al deze regulatoire systemen ontwikkeling door en blijven ze eveneens gevoelig voor regulatie door de ander.

### 2.3 Samenvattend

Leren is dus geen geïsoleerde cognitieve ervaring in de hersenen van de lerende, maar een interactie tussen architect (i.e. genetica, biopsychologie) en de aannemer met zijn/haar team (i.e. context en condities voor leren). Nu de theoretische onderbouwing van het leerproces en de relevantie van de begrippen genetica, context en condities is uitgelegd, zal in de volgende hoofdstukken de verdere verfijning hiervan met praktische uitwerkingen per levensfase (i.e. bouwfase) worden toegelicht.







## 3 Het fundament

### *Het prenatale belang van voorwaarden voor leren*

#### 3.1 Inleiding

Het merendeel van de mensen gaat ervan uit dat het leven en daarmee gepaard gaand de ontwikkeling en het leerproces beginnen bij de geboorte. Echter, de omgeving (i.e. context en condities) in de baarmoeder en eigenlijk de algehele gezondheidsstatus van de moeder en zeer waarschijnlijk ook van de vader vóór de geboorte vanaf het moment van de conceptie (en misschien al wel eerder) zijn al van essentieel belang. Daar worden de fundamenten voor de rest van het leven van het ongeboren kind al gelegd. Hier komt het begrip 'prenatale programmering' in beeld. Lucas (1991) definieert 'prenatale programmering' als een vroege stimulus die opereert op een kritisch of gevoelig moment, die resulteert in een permanente of lange-termijn verandering in de structuur of het functioneren van het organisme.

Deze prenatale programmering kan ook vertaald worden naar cognitieve prestaties en leerprestaties. Dobbing (1981) gaf het als volgt weer: 'Inadequate voeding tijdens het foetale of het vroege postnatale leven kan dienen als een programmeringsevent en daardoor latere gezondheid, functioneren en presteren in de mens permanent beïnvloeden'.

In de hierna volgende paragrafen wordt nader ingegaan op respectievelijk de biologische en psychologische voorwaarden voor leren die prenataal een programmeringseffect zouden kunnen hebben op het leerproces. Dit zijn slechts enkele voorbeelden, voornamelijk gegenereerd door ons eigen onderzoek en het betreft geen uitputtend overzicht. De prenatale biologische en psychologische voorwaarden voor leren vertonen overeenkomst met het fundament van een huis.

#### 3.2 Biologische voorwaarden voor leren

Om prenatale programmering te onderzoeken wordt vaak gebruik gemaakt van een zogenoemd 'natuurlijk experiment'<sup>1</sup>. De hongerwinter, die in bepaalde gebieden in Nederland heerste aan het einde van de tweede wereldoorlog, kan als een dergelijk experiment beschouwd worden. Aan de hand van de hongerwinterstudie heeft ons team gekeken wat de rol is van algehele ondervoeding in bepaalde periodes van de zwangerschap op het cognitief functioneren van deze personen die in conceptie waren tijdens de hongerwinter op 59-jarige leeftijd. (De Groot et al., 2011).

<sup>1</sup> Bij een natuurlijk experiment wordt de experimentele en de controlegroep gevormd door een toevallige situatie in de werkelijkheid, bijvoorbeeld door elementen uit regelgeving of populatieveranderingen. (<https://www.cpb.nl/publicatie/naar-beleid-dat-bewezen-heeft-te-werken>)



Weinig studies hebben ondervoeding tijdens de zwangerschap gerelateerd aan *cognitief functioneren* later in het leven. Onderzoek had wel al aangetoond dat kinderen die verwekt werden tijdens de hongerwinter op jongere leeftijd kwamen te overlijden, een ernstige mentale retardatie hadden of vaker een bepaalde ziekte hadden zoals hart- en vaatziekten, suikerziekte, long- en nieraandoeningen etc. Bovendien was het afhankelijk van in welk trimester van de zwangerschap de blootstelling aan de hongerwinter plaatsvond welke van deze aandoeningen zich openbaarde. Wij hebben onderzocht wat de consequenties waren van blootstelling aan de hongerwinter van 1944-45 tijdens de zwangerschap voor het *cognitief functioneren* op 59-jarige leeftijd. Aan dit onderzoek hebben personen meegedaan wiens moeders zwanger waren tijdens de hongerwinter, wiens moeders zwanger waren na de hongerwinter, of broers en zussen van hetzelfde geslacht uit de eerste twee categorieën. De cognitieve prestaties werden op 59-jarige leeftijd gemeten aan de hand van een grote batterij van cognitieve tests. Wij vonden over het algemeen geen verband tussen blootstelling aan de hongerwinter tijdens de zwangerschap en cognitief functioneren op latere leeftijd. Echter die personen waarvan de moeder in de eerste 10 weken van de zwangerschap blootgesteld waren aan de hongerwinter hadden op 59-jarige leeftijd een lagere cognitieve prestatie dan diegenen die niet in deze periode blootgesteld waren aan de hongerwinter. Het lijkt er dus op dat de fundamenten die door de omgevingsfactor 'ondervoeding' in het begin van de zwangerschap gecreëerd worden al bepalend zijn voor het latere leren.

Het voorgaande ging over voeding of liever gezegd ondervoeding in het algemeen als prenataal programmeringseffect. Recenter onderzoek laat echter zien dat niet alleen het aantal calorieën in de voeding een rol speelt in de fundamenten van het leerproces, maar dat ook de *samenstelling* van de voeding een rol kan spelen. Wanneer we meer specifiek gaan kijken naar de rol van individuele voedingsfactoren voor prenatale programmering komen we terecht bij de vetzuren. Vetzuren zijn belangrijke bouwstenen van alle zenuwcellen. De hersenen zijn opgebouwd uit zenuwcellen. Elke zenuwcel bestaat uit een cellichaam waarin zich het genetisch materiaal bevindt (Ja, daar is ie weer, de bouwtekening van de architect!). Een cel wordt omgeven door een celmembraan, een soort van bakstenen muur die ervoor zorgt dat belangrijke informatie in de cel blijft. Echter er moeten wel stoffen door die celmembraan heen kunnen gaan om communicatie, de basis van leren, tussen cellen mogelijk te maken. Daarom is de celmembraan opgebouwd uit een dubbellaag van vetmoleculen. De vetzuren zitten in deze dubbellaag en zijn dus eigenlijk de bakstenen in de muur. Hoe meer omega-3 vetzuren (i.e. eerste dubbele binding zit aan het derde C-atoom), de gezonde vetzuren, er in de muur zitten, des te vloeibaarder de celmembraan is, dus hoe meer communicatie er mogelijk is tussen cellen. De hypothese is dat meer omega-3 vetzuren in de celmembraan leidt tot uiteindelijk beter cognitief functioneren c.q. leren.

Van der Wurff et al. (2016a) hebben onderzocht of de omega-3 vetzuren tijdens de zwangerschap één van de fundamenten van leren in het latere leven is. Hiervoor is

gebruik gemaakt van het MEFAB (Maastricht Essential Fatty Acid Birth) cohort (Van der Wurff et al., 2015). Bijna 1200 vrouwen zijn gedurende hun gehele zwangerschap gevolgd en hebben diverse malen bloed afgeestaan waarin de vetzuurstatus gemeten werd. Op het moment van de geboorte werd de vetzuurstatus bij de baby bepaald en dit werd herhaald op 7-8 jarige leeftijd. Op dat moment werd tevens bij de kinderen de CITO-toets afgenomen.

In tegenstelling tot de verwachting werden consistente significante negatieve verbanden gevonden tussen het omega-3 vetzuur docosahexaeenzuur (DHA, 22:6n-3) van de moeder tijdens de zwangerschap en rekenprestaties op de CITO-toets van het kind op 7-8 jarige leeftijd. Hoewel dit observationeel onderzoek betrof, dat geen causaliteit kan aantonen, roept het op tot voorzichtigheid wanneer overwogen wordt DHA suppletie tijdens de zwangerschap te gebruiken. Tevens is het een voorzichtige aanwijzing dat de vetzuurstatus van de moeder een prenataal programmeringseffect zou kunnen hebben op het latere schools presteren van haar kind.

Ook gedrag dat nodig is voor optimaal leren lijkt door prenatale biologische factoren beïnvloed te worden. Hier wordt eigenlijk al nader ingegaan op de interactie tussen biologie en psychologie.

Krabbendam, Bakker, Hornstra en Van Os (2007) hebben aangetoond dat een hogere DHA status bij de geboorte geassocieerd was met minder internaliserende gedragsproblemen bij 7-jarige kinderen. Onder internaliserend gedrag wordt verstaan dat een persoon meer naar binnen gericht is, een soort van overcontrole van de emoties heeft, wat kan leiden tot teruggetrokken gedrag, angst en depressie. Met het MEFAB team zijn deze bevindingen nog wat verder uitgewerkt om te kijken of blootstelling aan bepaalde vetzuren in specifieke periodes van de zwangerschap een rol speelde in het gedrag van het kind op later leeftijd. Gielen et al. (in voorbereiding) kwamen tot de conclusie dat een hogere arachidonzuurstatus (AA, 20:4n-6) (en ook dihomogammalinoleenzuur (DGLA, 20:3n-6), maar minder significant) voor week 16 van de zwangerschap en op moment van de bevalling geassocieerd was met meer internaliserend probleemgedrag op 7-jarige leeftijd. Daarnaast werd gevonden dat hoge concentraties van n-3 docosapentaeenzuur (DPA, 22:5n-3) bij 32 weken zwangerschap en op moment van bevalling geassocieerd waren met minder externaliserend probleemgedrag; gedrag waar er te weinig controle over emoties is, waardoor deze personen juist vaak in conflict komen met anderen, agressief, overactief en ongehoorzaam zijn. Wij vonden dus juist minder van dit soort gedrag bij een hoge n-3 DPA status aan het einde van de zwangerschap.

De fundamentele die gelegd worden door omgevingsfactoren, in dit geval voeding, tijdens de zwangerschap lijken dus wel degelijk een rol te kunnen spelen in later functioneren dat het leerproces kan beïnvloeden. Een en ander lijkt echter afhankelijk te zijn van moment van blootstelling en soort blootstelling.



### 3.3 Psychologische voorwaarden voor leren

Onze eigen onderzoeksgroep aan de Open Universiteit heeft geen onderzoek gedaan naar de psychologische voorwaarden voor leren die prenataal een programmeringseffect zouden kunnen hebben op het leerproces. Voor de volledigheid van het verhaal worden hier daarom enkele aanwijzingen uit de wetenschappelijke literatuur aangehaald die niet van onze onderzoeksgroep afkomstig zijn. Dit moet vooral ter illustratie beschouwd worden en betreft zeker geen allesomvattend overzicht. Ook moet opgemerkt worden dat veel bevindingen op dit gebied tegenstrijdig zijn en dat hier slechts enkele argumenten voor een programmeringseffect aangehaald worden.

Onderzoek van Huizink, Robles de Medina, Mulder, Visser en Buitelaar (2003) heeft aangetoond dat hoge angstniveaus over de zwangerschap tijdens het midden van de zwangerschap een lagere mentale en motorische ontwikkeling van het kind voorspelden op een leeftijd van acht maanden. Deze onderzoeksgroep heeft in een andere samenstelling hun werk zes jaar later voortgezet (Gutteling, de Weerth, Zandbelt, Mulder, Visser, & Buitelaar, 2006). Zij toonden een negatief verband aan tussen prenatale blootstelling aan stress en de aandacht/concentratie index op zesjarige leeftijd. Er was geen verband zichtbaar met leren en geheugenprestaties op zesjarige leeftijd. Entringer, Buss, Kumsta, Hellhammer, Wadhwa en Wust (2009) proberen het prenatale programmeringseffect van stress op nog latere leeftijd inzichtelijk te maken. Hun bevindingen wijzen in de richting van een associatie tussen prenatale blootstelling aan stress en een trager werkend werkgeheugen van jongvolwassenen (25 jaar), wat zou kunnen duiden op een aangetaste prenatale cortex al in het prenatale leven. Deze laatste hypothese wordt ondersteund door Buss, Davis, Muftuler, Head en Sandman (2010) die met behulp van MRI onderzoek aantoonde dat er reducties waren in de grijze stof (dit zijn de cellichamen) in meerdere hersengebieden, waaronder de prefrontale cortex bij kinderen op zes- tot negenjarige leeftijd wiens moeder tijdens de zwangerschap onder stress stond.

Een andere psychologische factor zou depressie, of meer positief geformuleerd, stemming kunnen zijn. Field geeft in 2011 in een overzichtsstudie de prenatale associaties van depressie op de verdere ontwikkeling van het kind weer. Hieruit blijkt dat kinderen van wie de moeder depressief was tijdens de zwangerschap later in hun kindertijd en adolescentie meer aandachtsproblemen en gedragsproblemen hebben dan kinderen van moeders zonder prenatale depressie. Ook ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) werd ermee in verband gebracht. Bovendien haalt Field in haar studie een tweetal andere onderzoeken aan (Ramchandani, 2008; Marmorstein, Malone, & Iacono, 2004) die erop lijken te wijzen dat prenatale depressie of antisociaal gedrag van de vader geassocieerd is met gedragsproblemen in hun nageslacht op respectievelijk 3 tot 7-jarige leeftijd en 17-jarige leeftijd.

Samenvattend lijkt het erop dat ook prenatale psychologische voorwaarden voor leren al een rol kunnen spelen in later presteren.

### 3.4 Samenvattend

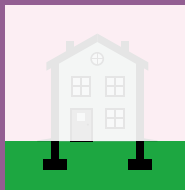
#### Biologisch

- Maternale ondervoeding in het eerste trimester van de zwangerschap kan een programmerings-effect hebben op het cognitief functioneren van haar kind op latere (i.e. 59-jarige) leeftijd.
- De vetzuurstatus van de moeder zou een prenataal programmeringseffect kunnen hebben op het latere (7-8 jarige leeftijd) schools presteren van haar kind.

#### Psychologisch

- Stress tijdens de zwangerschap lijkt één van de determinanten te zijn voor vertraging in de motorische en mentale ontwikkeling bij acht maanden oude kinderen en zou een risicofactor kunnen zijn voor latere ontwikkelingsproblemen.
- Stress en angst tijdens de zwangerschap lijken de ontwikkeling van de hersenen al prenataal te beïnvloeden met functionele gevolgen in het latere leven.
- Prenatale depressie van zowel moeder als vader lijkt gerelateerd te zijn aan latere gedragsproblematiek van hun nageslacht.

### 3.5 Take-home message



Tijdens de zwangerschap wordt het fundament voor het latere leerproces gelegd. Alle kinderen hebben het recht om hun eigen potentieel te bereiken. Als we willen dat onze kinderen alles bereiken wat ze kunnen dan moeten we erkennen dat de ultieme prestatie al begint op de eerste dag van het prenatale leven en dat ouders hierin een kritische factor zijn.



## 4 De Bouw

### *Voorwaarden voor leren tijdens de kindertijd en adolescentie*

#### 4.1 Inleiding

##### ***De kindertijd, alias de begane grond***

Zodra de fundamenten er liggen kan begonnen worden met de opbouw van het huis. Dit betreft de periode na de geboorte van het kind. In deze fase van de ontwikkeling bestond vroeger de leeromgeving voornamelijk uit het gezin thuis. In de huidige tijd komt het veelvuldig voor dat de leeromgeving groter is dan alleen het gezin thuis doordat kinderen al op jonge leeftijd naar een kinderdagverblijf of een andere vorm van opvang gaan. Dat de rol van de ouders echter niet onderschat moet worden bij het vroege leerproces van een kind en dat dit verstrekende gevolgen kan hebben voor het latere schools presteren van een kind werd aangetoond door Hart en Risley (1995). In hun onderzoek werd aangetoond dat bepaalde kinderen op hun derde levensjaar 30 miljoen minder woorden gehoord hadden dan andere kinderen. De kinderen die in hun eerste levensjaren meer woorden gehoord hadden waren beter voorbereid om naar school te gaan op vierjarige leeftijd. Op tienjarige leeftijd hadden deze kinderen nog steeds een grotere woordenschat, waren betere lezers en haalden hogere schoolcijfers. Hoewel er ook de nodige kritische kanttekeningen geplaatst worden bij dit onderzoek (A brief critique of Hart, B. & Risley, T. (1995). *Meaningful differences in the everyday experience of young American children*. Baltimore: Paul H. Brookes Publishing. I.S.P. Nation, LALS, Victoria University of Wellington, New Zealand) mag verondersteld worden dat noch genetica, noch een gebrek aan potentieel deze ongelijkheid kan verklaren. In het vroege leven lijkt de taalomgeving gecreëerd door de ouders dus een belangrijke omgevingsfactor te zijn die een rol speelt in het leerproces van het kind. Deze zelfde onderzoeksgroep heeft ook geprobeerd de woordenschat van driejarigen te vergroten door ze een intensief lesprogramma aan te bieden. Hoewel zij erin slaagde de woordenschat van de kinderen te vergroten, was na één jaar deze extra groei in woordenschat volledig weggevaagd. Met name een woordrijke omgeving tussen moment van geboorte en drie-jarige leeftijd lijkt dus een belangrijke rol te spelen in de latere leerprestaties. Deze levensfase vertoont ook zeer veel overlap met het brein dat in deze fase een enorme groeispurt doormaakt en daardoor wellicht ook extra gevoelig is voor de omgevingsfactoren, een zogenoemde sensitieve periode.

##### ***De adolescentie, alias de eerste verdieping***

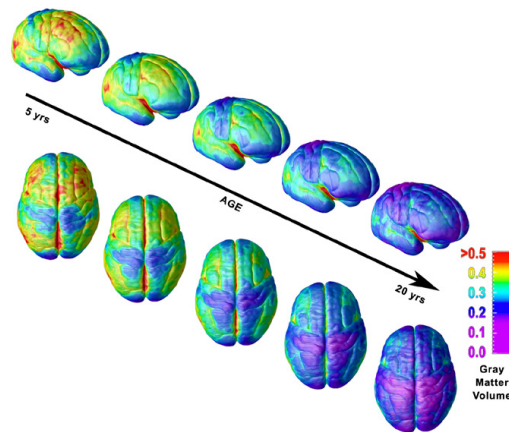
Een andere sensitieve periode is de adolescentie. Onderzoek van Gogtay et al. (2004) heeft aangetoond dat de hersenen nog niet volgroeid zijn op 12, 16 of zelfs 18-jarige leeftijd (Figuur 3). Met name het voorste gedeelte van de hersenen is nog volop in ontwikkeling (Crone & Dahl, 2012; Crone & Ridderinkhof, 2011; Gogtay et al., 2014;





Paus, 2015) en lijkt dus vatbaar voor allerlei omgevingsinvloeden. En dat is maar goed ook, want anders zouden wij als ouders, docenten of andere levensgezellen niets in te brengen hebben.

In de voorste delen van de hersenen bevinden zich vooral de hogere orde cognitieve functies, of met een vakterm, de executieve functies. Dit zijn allerlei functies die te maken hebben met plannen, organiseren, flexibel zijn en vooruitzien. Met name deze functies zijn in de adolescentie nog volop in ontwikkeling. Deze periode kenmerkt zich ook door de verdere ontwikkeling van sociaal en emotioneel gedrag (Crone & Dahl, 2012). Deze functies en gedragingen ontwikkelen zich niet allemaal tegelijkertijd en ook niet met dezelfde snelheid. Bovendien zijn er grote individuele verschillen. Het is nu de uitdaging voor de wetenschappelijke samenleving te onderzoeken welke omgevingsinvloeden deze hersenontwikkeling tijdens de adolescentie zouden kunnen beïnvloeden om (eventueel op latere leeftijd) het leerproces efficiënter, effectiever en plezieriger te laten verlopen.



**Figuur 3** De hersenontwikkeling tijdens de adolescentie (Afkomstig uit: Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., . . . Rapoport, J. L. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, 101, 8174-8179. Copyright (2004) National Academy of Sciences, U.S.A.).

Vanuit de theorie is nu helder waarom zowel de kindertijd als de adolescentie sensitieve periodes kent waarin de ontwikkeling van het brein gevoelig is voor invloeden vanuit de omgeving (i.e. context en condities). In de hiernavolgende paragrafen worden opnieuw voorbeelden gegeven hoe onderzoek van onze onderzoeksgroep bijgedragen heeft aan het inzichtelijk maken van respectievelijk de biologische en psychologische voorwaarden voor leren tijdens deze levensfasen. Aangezien deze levensfasen niet heel strikt aan leeftijd gebonden zijn en veel individuele variatie kennen, worden in het onderstaande niet per levensfase de resultaten gerapporteerd, maar zal wel duidelijk vermelding gemaakt worden van de leeftijdscategorie waarin het onderzoek heeft plaatsgevonden.

## 4.2. Biologische voorwaarden voor leren

Er zijn meerdere biologische voorwaarden voor leren bekend. Hierbij kan bijvoorbeeld, naast voeding die vooral aan de orde gekomen is in hoofdstuk 3, ook gedacht worden aan lichamelijke activiteit en slaap. Mogelijke verklaringen waarom deze biologische voorwaarden een verband zouden kunnen hebben met het leren zijn de volgende mechanismen (Barenberg et al., 2011; Diekelmann & Born, 2010; Gómez-Pinilla, 2008; Nehlig, Daval, & Debry, 1992; Sünram-Lea, Foster, Durlach, & Perez, 2001; Van Praag, 2009; Winter et al., 2007; Wright et al., 2013):

- de levering van brandstof (bijv. glucose), een basale vereiste voor hersenen om te functioneren;
- de beïnvloeding van de neurogenese, het ontstaan van nieuwe zenuwcellen;
- de beïnvloeding van de synaptische plasticiteit, het proces waarbij synaptische binding sterker of zwakker worden;
- de aanpassing van de hormoonconcentratie, een signaalmolecuul dat fysiologie en gedrag reguleert;
- de regulatie van het aantal neuronale vertakkingen (i.e. spine density), de regulatie van het mogelijke aantal synaptische locaties;
- de beïnvloeding van de angiogenese, de aanmaak van nieuwe bloedvaten;
- de regulatie van de vasculaire groeifactoren, factoren die de groei van bloedvaten stimuleren;
- de regulatie van neurotransmitters, moleculen die signaaloverdracht reguleren;
- de aanmaak van neurotrofines, eiwitten die de ontwikkeling, functie en overleving van neuronen bevorderen; en
- de beïnvloeding van de samenstelling en daarmee de vloeibaarheid van de celmembranen, waardoor de signaaloverdracht beïnvloed wordt.

Hieronder worden enkele van de biologische voorwaarden in relatie tot leren met bevindingen vanuit onze onderzoeksgroep geïllustreerd.

Lichamelijke activiteit wordt in verband gebracht met het functioneren van de hersenen en uiteindelijk schoolprestaties. Op het moment dat iemand beweegt, gaat het hart sneller pompen, het bloed sneller stromen en komt er dus meer bloed met voedingsstoffen, zuurstof en factoren die de neurale verbindingen doen groeien in het brein terecht. Allemaal factoren die de cognitie zouden kunnen bevorderen.

De Groot, Van Dijk en Kirschner (2015) hebben het GOALS onderzoek opgezet. GOALS staat voor grootschalig onderzoek naar activiteiten van Limburgse scholieren. Voor het eerst werd met behulp van sensoren die een week lang, 24 uur per dag gedragen werden, van ruim 400 leerlingen in het middelbaar onderwijs het dagelijkse beweegpatroon objectief in kaart gebracht. Deze objectief gemeten beweging werd gerelateerd aan de cognitieve prestaties en de schoolprestaties. Aangetoond is (Van Dijk, De Groot, Savelberg, Van Acker, & Kirschner, 2014) dat de habituele hoeveelheid lichamelijke activiteit van adolescenten geassocieerd is met executief functioneren.



Dus naarmate er meer bewogen wordt, zijn de executieve functies beter. Daar komt bij dat er een positief verband gevonden is tussen het fietsen naar school en het executief functioneren van meisjes, terwijl deze relatie bij jongens niet gevonden werd (Van Dijk, De Groot, Van Acker, Savelberg, & Kirschner, 2014). De relatie tussen MVPA (matig intensief bewegen) en schoolprestaties betrof echter een omgekeerde u-curve. Als er meer op een intensief niveau bewogen werd, steeg het gemiddeld schoolcijfer, maar wanneer dit boven een bepaald niveau kwam, daalde het schoolcijfer weer. Mogelijkerwijs staat te veel sporten het maken van huiswerk in de weg en dient er een goede balans gevonden te worden tussen de hoeveelheid sport en het huiswerk. De aanbeveling die hier dus uit naar voren komt is dat lichamelijke activiteit vooral als omgevingsfactor om schoolprestaties te bevorderen, gestimuleerd zou moeten worden.

Het werk van het SmartMoves!-team heeft daarbij nog een duit in het zakje gedaan. Zij toonden aan dat 10 minuten matig tot zware lichamelijke intensiteit al voldoende is om de acute aandacht op school te vergroten. 20 of 30 minuten bewegen voegde daar niets extra's aan toe (Saliasi, et al., ingediend). Het maakte niet uit of dit bewerkstelligd werd door aerobe inspanningen zoals joggen op de plaats, coördinatie-oefeningen zoals op de plaats lopen, terwijl op hetzelfde moment de enkel van het tegenovergestelde been aangetikt moet worden, of krachtoefeningen zoals buikspieroefeningen (Van den Berg, et al, 2016), zolang de hartslag daadwerkelijk verhoogd was.

Altenburg, Chinapaw en Singh (2016) hebben onderzocht wat de frequentie van deze beweging zou moeten zijn en kwamen tot de conclusie dat om de aandacht in de klas vast te houden tweemaal 20 minuten bewegen beter is dan eenmaal.

Een andere biologische voorwaarde voor leren is voeding zoals eerder aan de orde is geweest bij het fundament (hoofdstuk 3).

Van der Wurff et al. (2016b) voeren momenteel het Food2Learn onderzoek aan de Open Universiteit uit om aan te tonen wat het effect is van een jaar lang gebruik van krilloliesuppletie (een voedingssupplement rijk aan omega-3 vetzuren) op de cognitieve prestaties, de schoolprestaties en het mentaal welbevinden van adolescenten. De eerste analyses op de baseline data laten zien dat er een positief verband is tussen de hoeveelheid omega-3 vetzuren (omega-3 index) in het bloed en de informatieverwerkingssnelheid (Van der Wurff et al., 2016c). Ook lieten de leerlingen met een hoge concentratie omega-3 vetzuren in het bloed minder impulsiviteit zien.

Ontbijt overslaan komt veel voor bij adolescenten. Toch is er weinig onderzoek gedaan naar de effecten ervan op schoolprestatie. Uit een vragenlijststudie van Boschloo et al. (2012) bij 605 adolescenten van 11 tot 18 jaar bleek dat adolescenten die gewoonlijk het ontbijt overslaan minder goed presteren op school dan adolescenten die elke dag ontbijten. Deze bevindingen waren hetzelfde voor jonge en oude adolescenten en voor jongens en meisjes. Adolescenten die een avond-chronotype hadden ('avondmensen'), bleken vaker het ontbijt over te slaan, maar chronotype (of je een avond- of een ochtendmens bent) was niet gerelateerd aan schoolprestatie.

Hiermee wordt de overstap naar een derde biologische voorwaarde voor leren gemaakt, slaap. Boschloo et al. (2013) hebben ook onderzoek gedaan naar het verband tussen slaperigheid, slaapkwaliteit en slaapduur enerzijds en schoolcijfers, zelfgerapporteerde schoolprestaties en door de ouders gerapporteerde schoolprestaties anderzijds. Zij vonden dat de mate van slaperigheid een voorspeller was voor de schoolcijfers en de zelf-gerapporteerde schoolprestaties. Slaapkwaliteit daarentegen was een voorspeller voor door de ouders gerapporteerde schoolprestaties. Al met al blijkt dat slaap in de adolescentie zeer belangrijk kan zijn voor het leren. Of er al dan niet een verband gevonden wordt, lijkt ook afhankelijk te zijn van de maten die zowel voor de voorspellende variabelen als de uitkomstvariabelen gebruikt worden. In het huidig onderzoek werd namelijk geen consistent beeld gevonden. Dit is voor mijn team en mij dan ook reden om verder onderzoek op dit gebied uit te gaan zetten en meer gebruik te maken van objectieve maten zoals de sensoren waarmee ook beweging gemeten werd en waar ik later op terug zal komen.

### 4.3 Psychologische voorwaarden voor leren

Naast de biologische voorwaarden voor leren dient er in het onderwijs ook aandacht te zijn voor de psychologische voorwaarden voor leren. Hierbij kan gedacht worden aan zaken als doeloriëntatie en metacognitieve zelfregulatie.

Doeloriëntatie betreft de redenen waarom studenten in leeractiviteiten betrokken willen zijn en kunnen grofweg in twee, vier of soms vijf categorieën verdeeld worden (Dweck, 1986; Elliot, McGregor & Gable, 1999; Elliot & Church, 1997; Elliot & Harackiewicz, 1996; Harackiewicz, Durik, Barron, Linnenbrink-Garcia, & Tauer 2008). Er zijn echter verschillende modellen voorgesteld, die verschillen in conceptualisering, de naam die gebruikt wordt voor de constructen en het aantal factoren. Consensus over welk model het beste is, is nog niet bereikt. In het onderstaande ga ik uit van, en dit is slechts een mogelijke indeling, de volgende categorieën (Dweck, 1986; Elliot & Harackiewicz, 1996; Elliot & McGregor, 2001):

- 1 Beheersingsgericht (mastery approach): leren en het ontwikkelen van nieuwe vaardigheden komt vanuit de persoon zelf en leidt tot het verkrijgen van inzicht en diep begrip – d.w.z. beheersing van de stof.
- 2 Beheersingsvermijdend (mastery avoidance): ook hier komt het leren en het ontwikkelen van nieuwe vaardigheden uit de persoon zelf, echter hij/zij is gefocust op de vermindering van vertraging in ontwikkeling of het verlies van vaardigheden.
- 3 Prestatiegericht (performance approach): er wordt gefocust op het beter willen doen dan anderen, aan anderen het niveau van kennis en kunde willen tonen en bewijzen.
- 4 Prestatievermijdend (performance avoidance): ook hier is de persoon vooral gericht op anderen, dit keer vooral om te vermijden het slechter te doen dan anderen. Men wil niet incompetent of minder kundig overkomen dan anderen.



In 2008 (Harackiewicz, Durik, Barron, Linnenbrink-Garcia, & Tauer) is hier nog een vijfde categorie bijgekomen:

5 Werkvermijdend (work avoidance): personen die streven naar succes met zo min mogelijk inspanning.

Dekker et al. (2016) onderzochten of schoolprestatie kon worden voorspeld door doeloriëntatie bij ruim 700 leerlingen tussen de 10 en 19 jaar. De resultaten toonden aan dat leerlingen met een beheersingsgerichte oriëntatie of een prestatiegerichte oriëntatie hogere schoolcijfers hadden dan leerlingen met de andere typen doeloriëntatie. Dit kon maar liefst 0,4 punten schelen in het schoolcijfer. Betere meta-cognitieve zelfregulatie voorspelde eveneens hogere prestatie in deze populatie. Meta-cognitieve zelfregulatie is het bewustzijn van en de controle over het cognitieve proces dat belangrijk is voor leren. Hieronder wordt planning, monitoren en het evalueren van iemands eigen leergedrag verstaan. Dit suggereert dat docenten, als de aannemers van het leerproces van hun leerlingen, de beheersingsgerichte en in iets mindere mate de prestatiegerichte doeloriëntatie naast de zelfregulatie van hun leerlingen moeten stimuleren.

Zoals aangegeven, is de ontwikkeling van de meta-cognitieve vaardigheden ook belangrijk. Samen met Lee et al. (2012) is de rol van een van deze meta-cognitieve vaardigheden, namelijk omgaan met uitgestelde beloning in relatie tot schoolprestaties van adolescenten tussen de 12 en 18 jaar, onderzocht. Deelname aan het leerproces is van nature een toekomstgerichte investering. Cijfers voor een toets komen doorgaans dagen of weken later, laat staan het terugverdienen van de investering in het latere leven. Daarom is het van belang over het vermogen te beschikken dat maakt dat iemand om kan gaan met een uitgestelde beloning. De adolescent wordt namelijk in het dagelijks leven vaak geconfronteerd met uitdagingen die tot onmiddellijke beloning leiden zoals een avondje de kroeg in gaan. Het onderzoek van Lee en collega's leidt tot de bevinding dat leerlingen die beschikten over een betere vermogen om beloningen uit te stellen hogere schoolcijfers behaalden dan leerlingen die minder van dit soort vermogen hadden. Het effect van deze uitgestelde beloning was het grootst als de leerlingen ook nog eens over een hoge motivatie voor school (gemeten met de School Attitude Questionnaire; Smits & Vorst, 1998) beschikten. In de praktijk betekent dit dat leerlingen gestimuleerd zouden moeten worden om meer voor langetermijndoelen te gaan en dat zij hulp nodig hebben van hun omgeving om deze doelen te bepalen. Afhankelijk van de leeftijdscategorie van de leerlingen (jongere leerlingen beschikken gewoon nog niet over het vermogen te kunnen omgaan met uitgestelde beloning) zou de docent ook een leeromgeving kunnen creëren waar onmiddellijke beloning plaatsvindt, zodat de motivatie voor school hoog blijft, bijvoorbeeld door het toepassen van positieve verbale feedback. Interventies die de gezonde ontwikkeling van uitgestelde beloningsvaardigheden ontwikkelen lijken nog een uitdaging voor verder wetenschappelijk onderzoek te vormen.

Ook volgens Aristoteles is onze omgeving belangrijk bij onze ontwikkeling. Al in de jaren rond 335 v. Chr. beweerde hij dat ieder mens geboren wordt met een bepaalde aanleg die hij of zij dient te ontplooiën. Ieder mens dient te streven naar zelfrealisatie. Tegelijkertijd kunnen we volgens Aristoteles niet gelukkig zijn als anderen om ons heen dat niet zijn. Bewegen is leren; leren is een beweging van de ene toestand naar de andere. Was dit ook de reden dat Aristoteles zijn leerlingen wandelend les gaf in een overdekte wandelgang, de peripatos genoemd?

#### 4.4 Samenvattend

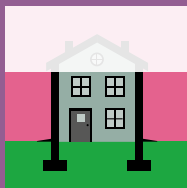
##### Biologisch

- Meer lichamelijke activiteit in adolescenten is geassocieerd met beter executief functioneren.
- Er is een positief verband tussen fietsen naar school en executief functioneren bij meisjes.
- 10 minuten matig tot zware lichamelijke activiteit is voldoende om de acute aandacht op scholen te vergroten.
- Er is een positief verband tussen de hoeveelheid omega-3 vetzuren in het bloed en de informatie-verwerkingssnelheid.
- Er is een positief verband tussen de hoeveelheid omega-3 in het bloed en minder impulsiviteit.
- Adolescenten die standaard het ontbijt overslaan presteren minder goed op school dan adolescenten die elke dag ontbijten.
- De mate van slaperigheid is een voorspeller voor het schoolcijfer.

##### Psychologisch

- Leerlingen (10-19 jaar) met een beheersingsgerichte of prestatiegerichte doeloriëntatie hebben hogere schoolcijfers dan leerlingen met andere doeloriëntaties.
- Hogere metacognitieve zelfregulatie voorspelt een hogere schoolprestatie.
- Leerlingen (12-18 jaar) die beschikken over een beter vermogen om beloningen uit te stellen, behalen hogere schoolcijfers dan leerlingen die minder van dit soort vermogen hebben.

#### 4.5 Take-home message



Leren is een samenspel tussen architect en aannemer. Context en condities (i.e. omgevingsfactoren, onder andere gecreëerd door ouders, leerkracht/docent en 'peers') zijn essentieel om tot een optimaal leerproces te komen. Identificatie van (context- en conditie-specifieke) sensitieve periodes om te leren zijn daarbij een voorwaarde.



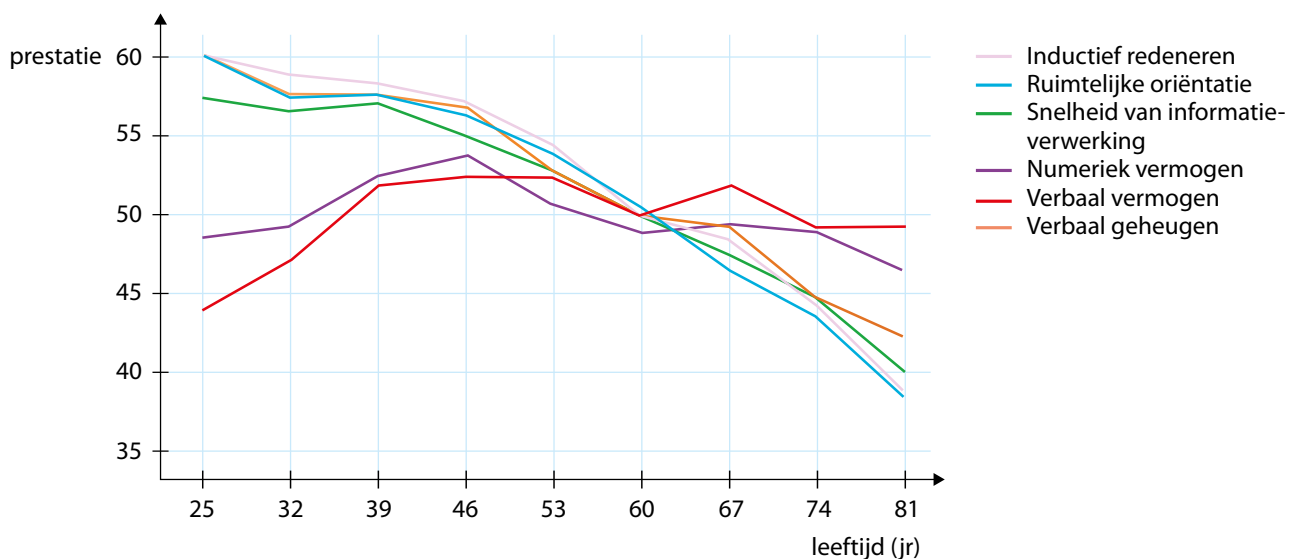
## 5 Het onderhoud

### *Het stimuleren van levenslang leren*

#### 5.1 Inleiding

Een huis vereist onderhoud. Soms moet het eens opgefrist worden en verdient het een nieuw verfje. In andere gevallen is een verbouwing meer op zijn plek. Dit geldt ook voor het menselijk leren. Juvenalis zei het al; 'Mens sana in corpore sano', een gezonde geest in een gezond lichaam.

Cognitieve achteruitgang is niet te voorkomen, maar de mate waarin het plaatsvindt, de snelheid waarmee het gepaard gaat en het moment waarop het begint, varieert enorm tussen individuen. Er is veel bewijs dat de cognitieve achteruitgang niet uniform is voor mensen, noch is het uniform voor de verschillende cognitieve functies van de hersenen (Hedden & Gabrieli, 2004, Figuur 4). Deze interindividuele variabiliteit wordt veroorzaakt door (Ja, daar zijn ze weer!) biologische en psychologische voorwaarden voor leren. Dit alles zou wellicht kunnen suggereren dat leren op volwassen leeftijd niet meer mogelijk is. Het tegendeel is echter waar.



**Figuur 4** Verandering in diverse cognitieve functies met leeftijd (Hedden & Gabrieli, 2004).

Hiermee komen we terecht bij het onderhoud of de verbouwing van het menselijk brein. Een zeer belangrijke term die dan om de hoek komt kijken is neurale plasticiteit. Neurale plasticiteit (ook wel aangeduid als neuroplasticiteit, corticale plasticiteit of kortweg plasticiteit) duidt op veranderingen in de organisatie van de hersenen van individuen als gevolg van ontwikkeling, leren of ervaring (en in enkele gevallen beschadiging). Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat zelfs het volwassen



ouder wordende brein nog plastisch is, maakbaar/veranderbaar (Burke & Barnes, 2006; Greenwood, 2007; Lustig, Shah, Seidler, & Reuter-Lorenz, 2009; Mora, Segovia, & del Arco, 2007; Raz, 2009). Het verandert nog tot op zeer hoge leeftijd, hoewel de onderliggende processen anders verlopen dan bij kinderen en adolescenten. Toch maakt dit dat ook volwassenen en ouderen nog steeds kunnen leren.

In de volgende paragrafen worden opnieuw de biologische en psychologische voorwaarden voor leren beschreven. Dit keer worden zij in het perspectief van de volwassen lerende geplaatst.

## 5.2. Biologische voorwaarden voor leren

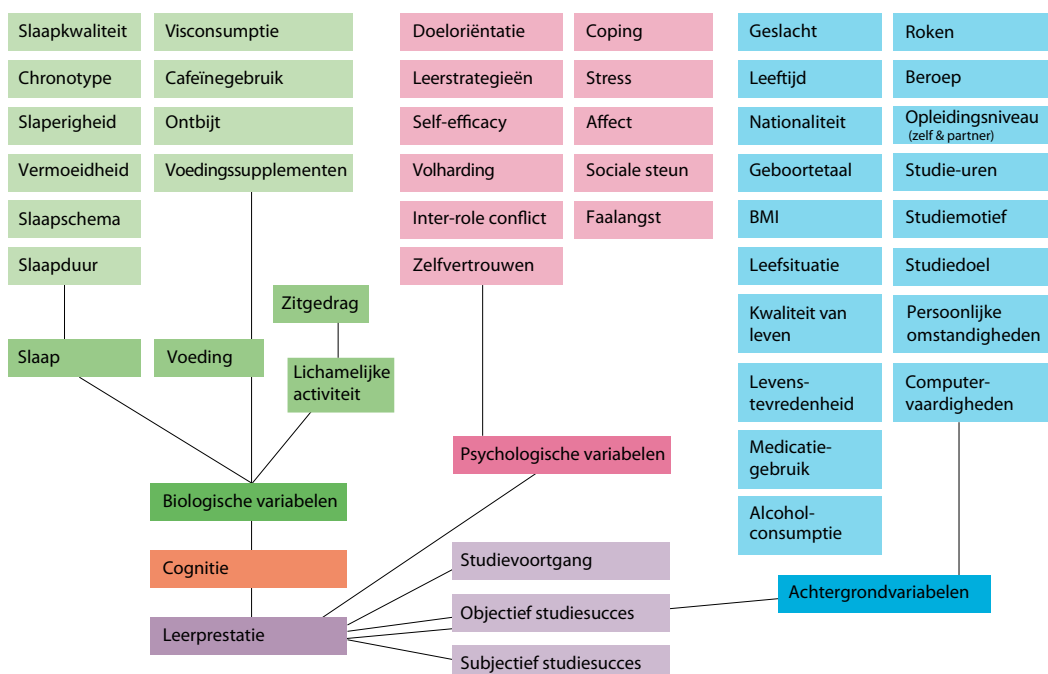
Dezelfde mechanismen die in hoofdstuk 4 beschreven werden om een verklaring te geven voor de relatie tussen de biologische voorwaarden en leren bij kinderen en adolescenten kunnen toegepast worden als onderliggende verklaring voor het leerproces van de volwassen lerende.

Moonen, Van Boxtel, De Groot en Jolles (2008) onderzochten of er een verband is tussen lichamelijk functioneren en cognitieve achteruitgang. Dit onderzoek werd uitgevoerd in een populatie van meer dan 700 gezonde volwassenen tussen de 24 en 86 jaar. Uit het onderzoek bleek dat er op baseline een verband was tussen lichamelijk functioneren en de executieve functies. Deelnemers die lichamelijk beter functioneerden hadden betere executieve functies dan mensen die lichamelijk in slechtere conditie waren. Na 6 jaar was een vergelijkbaar resultaat zichtbaar. Die deelnemers die hun lichamelijk functioneren verbeterd hadden, vertoonden 6 jaar later minder cognitieve achteruitgang dan deelnemers die geen lichamelijke verbetering hadden. Lichamelijke functioneren heeft een significant positief effect op cognitieve prestaties bij normaal ouder wordende volwassenen.

Cafeïne wordt vaak geconsumeerd in een poging om de cognitie op peil te houden. Klaassen et al. (2013) onderzochten gezonde mannelijke volwassenen tussen de 40 en 61 jaar na een gewone werkdag die hun dagelijkse hoeveelheid cafeïne geconsumeerd hadden bijvoorbeeld in de vorm van koffie. Op het moment dat zij bij het onderzoekscentrum aankwamen kregen zij nogmaals een dosis cafeïne of een placebo-drankje. De resultaten lieten zien dat de consumptie van cafeïne leidde tot meer hersenactiviteit in de prefrontale cortex tijdens een werkgeheugentaak vergeleken met de placebo-conditie. De gedragsmatige resultaten bleken eerder te wijzen op een nadelig effect van cafeïne op het werkgeheugen tijdens de uitvoering van de werkgeheugentaak dan op een verbetering.

Met behulp van het onderzoek van Klaassen zijn we in staat geweest een acuut effect van een biologische voorwaarde voor leren aan te tonen, maar waar we vooral in geïnteresseerd zijn is welke voorwaarden voor leren op de lange termijn voorspellend zijn voor het leerproces.

Zoals eerder eigenlijk ook blijkt uit de theorie van Sameroff (2010) vereist wetenschap een meer en meer multidisciplinaire benadering. Eén factor zal nooit ofte nimmer alles kunnen verklaren. Daarom hebben mijn onderzoeksteam en ik aan de Open Universiteit de ALOUD-studie opgezet. ALOUD staat voor Adult Learning Open University Determinants (Neroni, Gijsselaers, Kirschner, & De Groot, 2015). Aan de hand van dit onderzoek was het doel te onderzoeken welke factoren studiesucces aan de Open Universiteit bij volwassen afstandsstudenten kunnen verklaren. Bij de opzet van dit onderzoek is zowel een biologische als een psychologische benadering gekozen. Op het moment dat 2000 nieuwe studenten aan hun studie begonnen zijn alle mogelijke voorwaarden voor leren in kaart gebracht (zie Figuur 5). Na 14 maanden werd een aantal van die voorwaarden opnieuw gemeten en gekoppeld aan de studieresultaten, natuurlijk na uitdrukkelijke toestemming van de student in kwestie.



**Figuur 5** Alle geïncorporeerde potentiële determinanten in het ALOUD-onderzoek.

Gijsselaers heeft zich vooral op de biologische determinanten en studiesucces in het hoger volwassen afstandsonderwijs gericht. Helaas kwam hij, met de nodige kanttekeningen daarbij tot de conclusie dat de bestudeerde biologische voorwaarden niet veel verband vertoonden met studiesucces (Gijsselaers, Barbera, Kirschner, & De Groot, 2016; Gijsselaers, Kirschner, Verboon, & De Groot, 2016a; Gijsselaers, Kirschner, & De Groot, 2016; Gijsselaers, Kirschner, & De Groot, 2015) in tegenstelling tot wat vooral bij jongeren en kinderen gevonden is. Daarbij moet vermeld worden dat de mens een gewoontedier is dat eenmaal gewend aan een bepaalde hoeveelheid koffie of een gebrek daaraan, of een bepaalde hoeveelheid slaap of gebrek daaraan er niet of nauwelijks consequenties van zal ondervinden. Bovendien gaf het toenmalige onderwijssysteem van de Open Universiteit alle ruimte voor studeren naar eigen voorkeur wat betreft tijd, plaats en snelheid. Onbewust kunnen studenten dan toch

dat moment van studeren kiezen dat voor hen het meest voordelig is. Opvallend is wellicht wel het feit dat Gijselaers (Gijselaers, Kirschner, Verboon, & De Groot, 2016) tot de conclusie kwam dat bij volwassen afstandsstudenten meer zitgedrag geassocieerd was met hoger studiesucces. Dit in tegenstelling tot hetgeen gevonden was bij de reguliere adolescentenpopulatie.

### 5.3 Psychologische voorwaarden voor leren

Al met al geeft het voorgaande wellicht aan dat op volwassen leeftijd het werk van de aannemer meer ligt in de psychologische voorwaarden voor leren. Binnen hetzelfde ALOUD-onderzoek hebben Neroni, Meijs, Leontjevas, Kirschner en De Groot (ingediend) onderzoek gedaan naar de relatie tussen psychologische factoren en studiesucces.

Zoals al eerder bij 'de bouw' (paragraaf 4.3.) besproken, betreft doeloriëntatie het hebben van verschillende motieven om een bepaald doel te bereiken, in dit geval studiesucces. Sommige studenten zijn vooral intrinsiek gemotiveerd en willen kennis en vaardigheden beheersen (mastery-oriented), terwijl anderen meer prestatiegericht zijn en hun kunde en vaardigheden willen tonen (performance-oriented), of het liefst goede resultaten behalen zonder hier iets voor te doen (work avoidance). Ook in het ALOUD-onderzoek is gevonden dat focussen op beter willen presteren dan anderen (prestatiegerichte doeloriëntatie, performance approach) een positieve voorspeller was voor studiesucces, terwijl studenten die prestatievermijdend te werk gingen (performance avoidance) een negatieve samenhang vertoonden met studiesucces. Ook een werkvermijdende doeloriëntatie (work avoidance) had een negatieve samenhang met studiesucces. Intrinsieke motivatie, dus beheersingsgerichte (mastery approach) en beheersing-vermijdende (mastery avoidance) doeloriëntaties, hing daarentegen niet samen met studiesucces in onze OU-populatie. Voor de Open Universiteit zou het dus zeer zinvol zijn om een hoger studierendement te halen de studenten bij aanvang te selecteren op hun intrinsieke doel waarmee zij komen studeren. Indien hier niet aan voldaan wordt, is het zinvol hier interventies op te ontwikkelen om deze prestatiegerichte doeloriëntatie te stimuleren. De ontwikkeling van dergelijke interventies is ook een doel dat mijn team en ik met deze leerstoel de komende jaren proberen te bereiken om het studiesucces aan de Open Universiteit te verhogen.

Het gebruik van bepaalde leerstrategieën is een ander aspect waar Neroni, Meijs, Gijselaers, Kirschner en De Groot (ingediend) zich op gericht hebben bij de OU-populatie. Eerder onderzoek naar de rol van leerstrategieën was al gedaan in traditioneel (academisch) onderwijs. Echter, dit soort onderzoek ontbrak nog in het volwassen afstandsonderwijs zoals op de Open Universiteit het geval is. Bij het studeren maken studenten gebruik van verschillende leerstrategieën. Gevonden werd dat het goed kunnen managen van tijd en plaats van studeren en regulatie van de inspanning een positieve samenhang hadden met studiesucces, evenals complexe cognitieve leerstrategieën zoals elaboratie en metacognitieve zelfregulatie. Dit was conform de verwachtingen. Echter tot onze grote verbazing hadden studenten

in de OU populatie die veel contact zochten met anderen (i.e. dus hulp vroegen aan docenten en/of leerden van medestudenten) juist een negatief verband met studiesucces. Dit valt wellicht toe te schrijven aan het feit dat in het geval van afstandsonderwijs de drempel om hulp te vragen aan medestudenten of docenten hoger ligt dan in het reguliere onderwijs, waardoor wellicht alleen de zwakkere studenten dit ook daadwerkelijk doen. Aan de hand van dit ALOUD-onderzoek komt een aantal aanbevelingen voor de Open Universiteit naar voren waarmee het studiesucces van hun studenten kan worden verbeterd, alsmede een aantal aanknopingspunten voor vervolgonderzoek binnen deze leerstoel. Ten eerste lijkt het zinvol studenten handreikingen aan te bieden, eventueel in een cursus, over time management. Ook lijkt het verstandig studenten te onderwijzen en te laten oefenen met complexe cognitieve strategieën. Geef meer aandacht aan die studenten die ook daadwerkelijk om hulp vragen. Dit lijken ook de studenten te zijn die dit het hardst nodig hebben. Ten slotte, zorg ervoor dat studenten zelf inzicht hebben in hun eigen leerstrategieën en in de effectiviteit hiervan om eventueel betere leerstrategieën te leren toepassen.

#### 5.4 Samenvattend

##### Biologisch

- Lichamelijk functioneren heeft een significant positief effect op de cognitieve prestaties in normaal ouder wordende volwassenen.
- Cafeïneconsumptie leidt tot meer hersenactiviteit in de prefrontale cortex tijdens een werkgeheugentaak, maar gedragsmatig heeft het een negatief effect op het werkgeheugen.
- Biologische voorwaarden voor leren (voeding, slaap, lichamelijke activiteit) lijken geen verband te hebben met studiesucces bij volwassen studenten in het afstandsonderwijs.

##### Psychologisch

- Bij volwassen studenten in het afstandsonderwijs is gevonden dat focussen op beter willen presteren dan anderen (prestatiegerichte doeloriëntatie, performance approach) een positieve voorspeller is voor studiesucces, terwijl studenten die prestatievermijding te werk gingen (performance avoidance) een negatieve samenhang vertonen met studiesucces.
- Goed kunnen managen van tijd en plaats van studeren en regulatie van die inspanning vertonen een positief verband met studiesucces bij volwassen studenten in het afstandsonderwijs.
- Complexe leerstrategieën als elaboratie en metacognitieve zelfregulatie hebben een positief verband met studiesucces bij volwassen studenten in het afstandsonderwijs.

#### 5.5 Take-home message



Leren is een levenslang bouwproces. Het stopt niet als de schoolcarrière voorbij is of de volwassenheid bereikt is. Het leerproces vereist onderhoud, zeker in tijd van een vergrijzende maatschappij. Leren (op oudere leeftijd) op basis van condities voor en contexten van leren is onderhoud van het leerproces. Leren, dat staat als een huis!  
Bovendien is wetenschap geen monodisciplinaire aangelegenheid. Wetenschap vereist integratie van veel disciplines en is daarmee een multidisciplinair terrein geworden.



## 6 Het droomhuis

### *Bouwen aan de toekomst*

Leren is geen geïsoleerde cognitieve functie in onze hersenen. Wij zijn niet alleen ons brein! Er moet aandacht komen voor het feit dat de context waarin het leren plaatsvindt en de condities waaronder geleerd wordt, naast de inhoud van het onderwijs, eveneens van belang zijn. Tot op heden ontbreekt gedegen informatie of wordt beschikbare informatie over het hoofd gezien. Daarom beoog ik met deze leerstoel 'Biopsychologie van Leren' een completer inzicht in de condities voor en de contexten van optimaal leren te kunnen krijgen, op dusdanige wijze dat de leeruitkomsten van het leerproces en de lerende op een efficiënte, effectieve en prettige wijze gemaximaliseerd kunnen worden, waarbij de persoonlijke leercapaciteit van de lerende niet uit het oog verloren wordt.

Daartoe heb ik als doel respectievelijk de genetische, biologische, psychologische en in mindere mate de sociaal-affectieve voorwaarden voor leren en hun mogelijke onderlinge interacties, alsmede interacties met de context, te onderzoeken en inzichtelijk te maken. Het is de ambitie dit te doen door gebruik te maken van reeds bestaande tweelingcohorten (bijv. Oost-Vlaams Meerlingenregister, Nederlands Tweelingen Register), geboortecohorten (bijv. MEFAB, KOALA, RHEA) en andere cohorten (bijv. ALOUD, GOALS, MAAS). Ook data uit lopende interventiestudies (bijv. Food2Learn, SmartMoves!, De Gezonde Basisschool van de toekomst en PHIT2LEARN) zullen daar onderdeel van uitmaken. Daarnaast zal ook nieuw materiaal verzameld worden. Kenmerkend voor de studies die binnen deze leerstoel (gaan) lopen zijn de longitudinale studies, waarbij langetermijninvloeden van context en condities bestudeerd kunnen worden, in tegenstelling tot de veelal kortetermijnstudies die in de onderwijswetenschappen populair zijn. Bovendien is het de ambitie om op termijn een innovatief instrument genoemd 'Learning potential' te ontwikkelen (i.e. valorisatie) waarmee ouders en docenten en lerenden zelf het leerpotentieel van hun kinderen/leerlingen of zichzelf inzichtelijk kunnen maken, waarop vervolgens door ontwikkeling van diverse interventies handreikingen en onderwijsinnovaties aangeboden kunnen worden die het leerproces, de conditie van de lerende of de leeruitkomst op effectieve, efficiënte en of bevredigende wijze kunnen bevorderen. Dit soort innovaties zullen zich niet beperken tot alleen leerlingen in het primair en secundair onderwijs, maar zullen ook zeker ontwikkeling van instrumenten en apps omvatten die van belang kunnen zijn in het volwassen (afstands)onderwijs.



**Dit leidt tot de volgende onderzoeksambities:**

- Inzicht verkrijgen in de sensitieve periodes waarbij inzicht in 'prenatale programmering' niet vergeten mag worden;
- Inzicht verkrijgen in de optimale leercontexten en -condities voor de (volwassen) lerende;
- Effectiviteitsonderzoek van interventies gericht op optimalisering van de contexten en condities van de lerende;
- Inzicht verkrijgen in de rol van genetica voor leren;
- Ontwikkeling van een instrument genoemd 'Learning potential';
- Gebruik van sensortechnologie om de context inzichtelijk te maken;
- Inzet 'learning analytics' om de condities van de lerende inzichtelijk te maken;
- Ontwikkeling van studieaanpakadviezen voor (OU-)studenten;
- Ontwikkeling van leidraden voor effectieve leerstrategieën voor docenten/ leerkrachten.

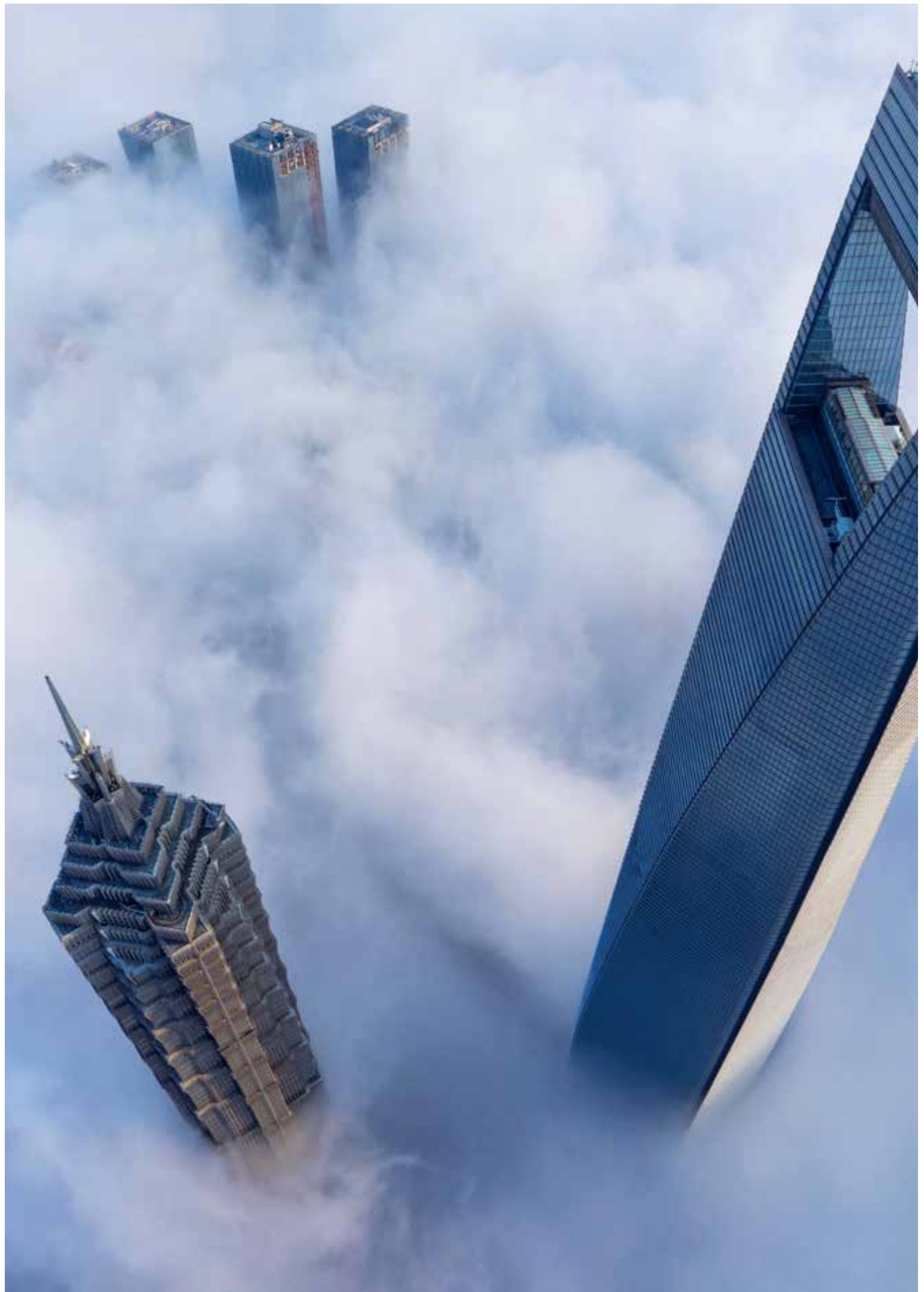
Ik wil stellen dat de context waarin en de condities waaronder leren plaatsvindt steeds belangrijker worden. De snelheid van informatie- en technologische ontwikkeling etc. vereist meer en meer dat lerenden zich de techniek van het leren (het leerproces) eigen maken. Beroepen waarvoor nu nog een opleiding bestaat, bestaan niet meer als de opleiding klaar is. Eens te meer is levenslang leren van belang. Nu we niet meer weten waarvoor we opleiden, wordt het scheppen van het juiste klimaat (i.e. de voorwaarden voor leren) van evident belang.

**Kortom:**

- Alle kinderen hebben het recht om hun eigen potentieel te bereiken. Als we willen dat onze kinderen bereiken wat ze kunnen, dan moeten we erkennen dat de ultieme prestatie al begint op de eerste dag van het leven en dat ouders hierin een kritische factor zijn. Dit is tevens voor een lerende economie essentieel.
- Leren is een samenspel tussen architect en aannemer. Context en condities (i.e. omgevingsfactoren, onder andere gecreëerd door ouders, leerkracht/docent en 'peers') zijn daarbij essentieel om tot een optimaal leerproces te komen. Identificatie van (context- en conditie-specifieke) sensitieve periodes om te leren zijn daarbij een voorwaarde.
- Leren is een levenslang bouwproces. Het stopt niet als de schoolcarrière voorbij is. Transformatie (op oudere leeftijd) op basis van condities voor en contexten van leren is overleven. Leren, dat staat als een huis!
- Wetenschap bedrijven is geen monodisciplinaire aangelegenheid meer. Wetenschap vereist integratie van veel disciplines en is daarmee een multidisciplinair terrein geworden. Bovendien zijn we er niet met alleen wetenschappers. De brug tussen wetenschap en praktijk is nog steeds wankel. En als we toch aan het bouwen zijn stel ik voor dat we ook proberen deze brug te verder te verstevigen.







## Dankwoord

Een huis komt er niet zonder opdrachtgever. Deze leerstoel was er dan ook nooit gekomen zonder het vertrouwen dat Saskia Brand-Gruwel, decaan van de faculteit Psychologie en onderwijswetenschappen, en Anja Oskamp, rector magnificus van de Open Universiteit, in mij gesteld hebben.

Ook mijn eigen leerproces is een heel bouwwerk geweest, waarvoor ik de architect, de aannemers en de vele bouwvakkers zeer dankbaar ben. Ik denk dat ik de beste architecten ter wereld heb gehad. Pap, mam, jullie hebben mij niet alleen de juiste biologie en psychologie meegegeven, ook hebben jullie mij in mijn eerste fase van mijn bouwproject de beste leeromgeving gegeven die een mens zich maar kon wensen.

Gerard Hornstra, jij hebt als mijn eerste promotor het fundament van mijn wetenschappelijke carrière gelegd. Jij hebt mij de grondbeginselen van het wetenschappelijk denken bijgebracht, het reflecteren en het kritisch zijn. Hartelijk dank daarvoor, mijn eigen promovendi mogen het nog elke dag aan den lijve ondervinden.

Jelle Jolles, mijn wetenschappelijke puberteit met de o zo dynamische tienerjaren heb jij in goede banen weten te leiden. Het was niet altijd makkelijk, maar vooral wat betreft wetenschapsmanagement en valorisatie heb ik veel van jou geleerd. Bedankt voor het opperen van de aannemer-architect metafoor, daarvan was jij de echte grondlegger!

Paul Kirschner, jij was de aannemer van mijn wetenschappelijk volwassen worden. Jij bent de beste mentor die een (jong)-volwassene zich in deze levensfase kan wensen. Jij bent eerlijk en recht door zee, zegt waar het op staat. Jij wist mij altijd op de juiste wijze bij te sturen en vooral ook te inspireren.

Dan staat er een nieuwbouwhuis, maar het is nog niet gedaan met de verdere ontwikkeling en het onderhoud. Maurice Zeegers ik ben je zeer dankbaar dat je met vele anderen (collega's OU, collega's UM, collega's VU) het wetenschappelijk onderhoud pleegt. Bedankt allemaal voor de vele, vaak verhelderende, discussies die wij voeren.

Soms vindt er een aardbeving plaats, die het huis of eigenlijk de hele wijk waarin het staat op zijn grondvesten doet schudden. De gebouwen in de wijk lopen wat scheurtjes op. Dan moet je geen luchtkastelen bouwen. Om met Mahatma Ghandi te spreken 'Slechts diegene mag slopen, die iets beters kan bouwen'. Marcus Specht, Rob Martens, Hans Hummel, Marco Kalz en Marjan Vermeulen hartelijk dank voor de vele kritische discussies die wij het afgelopen jaar gevoerd hebben en die mij als manager gevormd hebben. Laten we samen verder blijven bouwen aan een mooi en succesvol Welten instituut.

Zoals gezegd zijn voor het bouwproces vele vakmensen nodig en vele handen maken licht werk. Dank aan alle samenwerkingspartners. Hierbij denk ik onder andere aan de vele scholen en schoolbesturen, maar ook aan de kenniscentra waar ik mee heb mogen samenwerken en nog samenwerk. De bouw van een huis vereist echter ook een financiële investering. Mijn dank aan subsidieverstrekkers als NWO, NRO en industriële partners en stichtingen is dan ook groot.

Inmiddels ben ik in de fase van de ander-regulatie terecht gekomen en mag ik nu vele anderen helpen in hun bouwproces. Ondertussen weten zij als geen ander mij ook nog steeds wetenschappelijk uit te dagen en te stimuleren. Dankjewel promovendi: Willemien, Esther, Olga, Elissa, Nikki, Martin van Dijk, Jérôme, Aukje, Joyce, Inge, Vera, Nikos, Esmee, Martin Coenjaerts, Bob en Marleen.

Ook mijn 'dream team' 'Brein, Leefstijl en Leren', met Celeste Meijs en Jérôme Gijselaers als onderaannemers, en de vakgroep FEEEL (Fostering Efficient, Effective, and Enjoyable Learning) wil ik bedanken voor de fantastische samenwerking en de mooie projecten die wij draaien. Ik hoop dat er nog vele volgen.

Dan is de oplevering van 'het huis' bijna een feit. Gelukkig komt er dan nog een laatste kritische check. Mieke Haemers, dankjewel dat je mij altijd zo goed ondersteunt en de laatste puntjes op de 'i' zet.

Ook thuis hebben wij nog twee bouwprojectjes rondlopen. Lieve Puck en Bo, ook al vinden jullie dat ik af en toe ontzettend zeur en heb jij, Puck, al helemaal geen zin om je huiswerk te maken, toch proberen Frank en ik jullie de allerbeste voorwaarden voor leren mee te geven. Dankjewel Puck, dat je zoveel begrip opgebracht hebt dat mama de laatste tijd zo vaak met 'werk' bezig was en dat je me uiteindelijk het advies gaf om maar ontslag te nemen om 'putjesschepper' op zee te worden. Enne, vanaf nu zal ik laten zien dat professoren niet alleen maar chagrijnig zijn. Bo, dankjewel voor de mooie tekening en het feit dat jij mijn persoonlijke pr-dame bent; het hele schoolplein is nu op de hoogte dat jouw mama professor is. Ik weet dat jullie trots zijn op mij, maar ik ben supertrots op twee zulke fantastische meiden!

Lieve Frank, zoals het klokje thuis tikt, tikt het nergens. En eigen haard is goud waard. Ook al laat ik thuis de boel af en toe op zijn grondvesten trillen, jij bent altijd onze rots in de branding. Jij steunt en inspireert mij als geen ander. Oost west, thuis best!

Ik heb gezegd.

## Referenties

- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (2016). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport, 19*, 820-824.
- Barenberg, J., Berse, T., & Dutke, S. (2011). Executive functions in learning processes: Do they benefit from physical activity? *Educational Research Review, 6*, 208–222.
- Boschloo, A., Ouwehand, C., Dekker, S., Lee, N., De Groot, R. H. M., Krabbendam, L. & Jolles, J. (2012). The Relation Between Breakfast Skipping and School Performance in Adolescents. *Mind, Brain, and Education, 6*, 81–88.
- Boschloo, A., Krabbendam, L., Dekker, S., Lee, N., De Groot, R. H. M., & Jolles, J. (2013). Subjective sleepiness and sleep quality in adolescents are related to objective and subjective measures of school performance. *Frontiers in psychology, 4*.
- Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American Psychologist, 32*, 513.
- Burke, S. N., & Barnes, C. A. (2006). Neural plasticity in the ageing brain. *Nature Reviews Neuroscience, 7*, 30-40.
- Buss, C., Davis, E. P., Muftuler, L. T., Head, K., & Sandman, C. A. (2010). High pregnancy anxiety during mid-gestation is associated with decreased gray matter density in 6–9-year-old children. *Psychoneuroendocrinology, 35*, 141-153.
- Crone, E. A., & Dahl, R. E. (2012). Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility. *Nature Reviews Neuroscience, 13(9)*, 636-650.
- Crone, E. A., & Ridderinkhof, K. R. (2011). The developing brain: from theory to neuroimaging and back. *Developmental Cognitive Neuroscience, 1(2)*, 101-109.
- De Groot, R. H. M., Van Dijk, M. L., & Kirschner, P. A. (2015). Cohort profile of the GOALS study: A large-scale research of physical activity in Dutch students. *British Journal of Educational Technology, 46*, 947-952.
- De Groot, R. H.M., Stein, A. D., Jolles, J., Van Boxtel, M. P.J., Blauw, G. J., Van de Bor, M., & Lumey, L. H. (2011). Prenatal famine exposure and cognition at age 59 years. *International Journal of Epidemiology, 40*, 327-337.
- Dekker, S., Krabbendam, L., Lee, N., Boschloo, A., De Groot, R. H. M., & Jolles, J. (2016). Dominant Goal Orientations Predict Differences in Academic Achievement during Adolescence through Metacognitive Self-Regulation. *Journal of Educational and Developmental Psychology, 6*, 47.



- Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*, 114–26.
- Dobbing J. (1981). Nutritional growth restriction and the nervous system. In: Davison, A. N. & Thompson, R. H. S. (Eds). *The molecular bases of neuropathology* (pp. 221–233). London: Edward Arnold.
- Dweck, C. S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, *41*, 1040-1048.
- Elliot, A. J., & Church, M. A. (1997). A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, *72*, 218-232.
- Elliot, A. J., & Harackiewicz, J. M. (1996). Approach and avoidance achievement goals and intrinsic motivation: A mediational analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, *70*, 461-475.
- Elliot, A. J., & McGregor, H. A. (2001). A 2 x 2 achievement goal framework. *Journal of Personality and Social Psychology*, *80*, 501-519.
- Elliot, A. J., McGregor, H. A., & Gable, S. (1999). Achievement goals, study strategies, and exam performance: A mediational analysis. *Journal of Educational Psychology*, *91*, 549-563.
- Field, T. (2011). Prenatal depression effects on early development: a review. *Infant Behavior and Development*, *34*, 1-14.
- Gelman, S. A. (2009). Learning from others: Children's construction of concepts. *Annual Review of Psychology*, *60*, 115–140.
- Gielen, M., De Groot, R. H. M., Antoniou, E., Kremers, S., Godschalk, R., Hornstra, G., & Zeegers, M. (2017) *in preparation*.
- Gijsselaers, H. J. M., Kirschner, P. A., Verboon, P., & De Groot, R. H. M. (2016). Sedentary behavior and not physical activity predicts study progress in distance education. *Learning and Individual Differences*, *49*, 224-229.
- Gijsselaers, H. J. M., Barbera, E., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (2016). Physical activity, sleep, and nutrition do not predict cognitive performance in young and middle-aged adults. *Frontiers in Psychology*, *7*.
- Gijsselaers, H. J. M., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (2016). The Consumption of Breakfast, Fish and/or Caffeine does not Predict Study Progress in Adult Distance Education. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, *1*, 1-9.

Gijselaers, H. J. M., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (2015). Chronotype, sleep quality and sleep duration in adult distance education: Not related to study progress. *Learning and Individual Differences, 44*, 46-52.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., ... & Rapoport, J. L. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101*, 8174-8179.

Gómez-Pinilla, F. (2008). Brain foods: The effects of nutrients on brain function. *Nature Reviews. Neuroscience, 9*, 568–78.

Greenwood, P. M. (2007). Functional plasticity in cognitive aging: review and hypothesis. *Neuropsychology, 21*, 657.

Gutteling, B. M., De Weerth, C., Zandbelt, N., Mulder, E. J., Visser, G. H., & Buitelaar, J. K. (2006). Does maternal prenatal stress adversely affect the child's learning and memory at age six?. *Journal of Abnormal Child Psychology, 34*, 787-796.

Gutman, L. M., Sameroff, A. J., & Cole, R. (2003). Academic growth curve trajectories from 1st grade to 12th grade: Effects of multiple social risk factors and preschool child factors. *Developmental Psychology, 39*, 777.

Harackiewicz, J. M., Durik, A. M., Barron, K. E., Linnenbrink-Garcia, L., & Tauer, J. M. (2008). The role of achievement goals in the development of interest: Reciprocal relations between achievement goals, interest, and performance. *Journal of Educational Psychology, 100*, 105-122.

Hart, B., & Risley, T. R. (1995). Meaningful differences in the everyday experience of young American children. Paul H Brookes Publishing.

Hedden, T., & Gabrieli, J. D. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience, 5*, 87-96.

Huizink, A. C., Robles de Medina, P. G., Mulder, E. J. H., Visser, G. H. A., & Buitelaar, J. K. (2003). Stress during pregnancy is associated with developmental outcome in infancy. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 44*, 810–818.

Klaassen, E. B., De Groot, R. H. M., Evers, E. A., Snel, J., Veerman, E. C., Ligtenberg, A. J., Jolles, J., & Veltman, D. J. (2013). The effect of caffeine on working memory load-related brain activation in middle-aged males. *Neuropharmacology, 64*, 160-7.

Krabbendam, L., Bakker, E., Hornstra, G., & Van Os, J. (2007). Relationship between DHA status at birth and child problem behaviour at 7 years of age. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 76*, 29-34.



- Lee, N. C., Krabbendam, L., Dekker, S., Boschloo, A., De Groot, R. H. M., & Jolles, J. (2012). Academic motivation mediates the influence of temporal discounting on academic achievement during adolescence. *Trends in Neuroscience and Education, 1*, 43-48.
- Lucas A. (1991) Programming by early nutrition in man. In: Bock, G. R. & Whelan, J. (Eds), *The childhood environment and adult disease* (pp. 38–55). Chichester: Wiley.
- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, training, and the brain: a review and future directions. *Neuropsychology Review, 19*, 504-522.
- Marmorstein, N. R., Malone, S. M., & Iacono, W. G. (2004). Psychiatric disorders among offspring of depressed mothers: Associations with paternal psychopathology. *The American Journal of Psychiatry, 161*, 1588–1594.
- Moonen, H. M., Van Boxtel, M. P., De Groot, R. H.M., & Jolles, J. (2008). Improvement in physical functioning protects against cognitive decline: A 6-year follow-up in the Maastricht Aging Study. *Mental Health and Physical Activity, 1*, 62-68.
- Mora, F., Segovia, G., & del Arco, A. (2007). Aging, plasticity and environmental enrichment: structural changes and neurotransmitter dynamics in several areas of the brain. *Brain Research Reviews, 55*, 78-88.
- Nehlig, A., Daval, J. L., & Debry, G. (1992). Caffeine and the central nervous system: Mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews, 17*, 139–169.
- Neroni, J., Gijssels, H. J., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (2015). The Adult Learning Open University Determinants (ALoud) study: Biological and psychological factors associated with learning performance in adult distance education. *British Journal of Educational Technology, 46*, 953-960.
- Neroni, J., Meijs, C., Gijssels, H.J. M., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (*submitted*). Learning strategies and academic performance in adult distance education.
- Neroni, J., Meijs, C., Leontjevas, R., Kirschner, P. A., & de Groot, R. H. M. (*submitted*). Goal orientation and academic performance in adult distance education.
- Paus, T. (2005). Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(2), 60-68.
- Ramchandani, P. G., O'Connor, T. G., Evens, J., Heron, J., Murray, L., & Stein, A. (2008). The effects of pre-and postnatal depression in fathers: A natural experiment comparing the effects of exposure to depression on offspring. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 49*, 1069–1078.

- Raz, N. (2009). Decline and Compensation in Aging Brain and Cognition: Promises and Constraints. *Neuropsychology Review*, *19*, 411–414.
- Saliasi, E., Van den Berg, V., Jolles, J., de Groot, R. H. M., Chinapaw, M. J., & Singh, A.S. (2017). Acute effects of short and longer exercise bouts on cognitive performance in adolescents. *Submitted*.
- Sameroff, A. (2010). A Unified Theory of Development: A Dialectic Integration of Nature and Nurture. *Child Development*, *81*, 6–22.
- Smits, J. A. E., & Vorst, H. C. M. (1998). *Schoolvragenlijst*. Nijmegen: Berkhout Nijmegen B.V.
- Sünram-Lea, S. I., Foster, J. K., Durlach, P., & Perez, C. (2001). Glucose facilitation of cognitive performance in healthy young adults: Examination of the influence of fast-duration, time of day and pre-consumption plasma glucose levels. *Psychopharmacology*, *157*, 46–54.
- Thompson, P. M., Cannon, T. D., Narr, K. L., Van Erp, T., Poutanen, V. P., Huttunen, M., ... & Dail, R. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature Neuroscience*, *4*, 1253-1258.
- Van den Berg, V., Saliasi, E., De Groot, R. H. M., Jolles, J., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (2016). Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. *Frontiers in Psychology*, *7*, 723.
- Van der Wurff, I. S. M., Bakker, E. C., Hornstra, G., Kirschner, P. A., Gielen, M., Godschalk, R. W. L., . . . De Groot, R. H. M. (2016a). Association between prenatal and current exposure to selected LCPUFAs and school performance at age 7. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*, *108*, 22-29.
- Van der Wurff, I. S., De Groot, R. H. M., Stratakis, N., Gielen, M., Hornstra, G., & Zeegers, M. (2015). Maastricht essential fatty acid birth cohort. *Lipid Technology*, *27*, 59-62.
- Van der Wurff, I. S. M., Von Schacky, C., Berge, K., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (2016b). A protocol for a randomised controlled trial investigating the effect of increasing Omega-3 index with krill oil supplementation on learning, cognition, behaviour and visual processing in typically developing adolescents. *BMJ Open*, *6*, e011790.
- Van der Wurff, I. S., Von Schacky, C., Berge, K., Zeegers, M. P., Kirschner, P. A., & De Groot, R. H. M. (2016c). Association between blood omega-3 index and cognition in typically developing Dutch adolescents. *Nutrients*, *8*, 13.





Van Dijk, M.L., De Groot, R. H. M., Savelberg, H. H. C. M., Van Acker, F., & Kirschner, P. A. (2014). The association between objectively measured physical activity and academic achievement in adolescents: Findings from the GOALS study. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 36*, 460-473.

Van Dijk, M.L., De Groot, R. H. M., Van Acker, F., Savelberg, H. H. C. M., & Kirschner, P. A. (2014). Active commuting to school, cognitive performance and academic achievement: An observational study in Dutch adolescents using accelerometers. *BMC Public Health, 14*, 799

Van Praag, H. (2009). Exercise and the brain: Something to chew on. *Trends in Neurosciences, 32*, 283–290

Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., ... Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory, 87*, 597–609.

Wright, K. P., McHill, A. W., Birks, B. R., Griffin, B. R., Rusterholz, T., & Chinoy, E. D. (2013). Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology: CB, 23*, 1554–8.

